

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA TEXTILNÍ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

LIBEREC 2011

Bc. ŠÁRKA ZRŮNOVÁ

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ

Katedra: Katedra textilních materiálů

Studijní program: Textilní inženýrství

Studijní obor: Textilní materiálové inženýrství

Kód diplomové práce: 590/11

**Kalibrace přístroje pro měření prodyšnosti plošných
textilií**

**Calibration of the Tester for Measuring the Air
Permeability of the Textiles**

Vypracovala: Bc. Šárka Zrůnová

Vedoucí diplomové práce: Ing. Blanka Tomková, Ph.D.

Prohlášení

Byla jsem seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracovala samostatně s použitím literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

V Liberci, dne 21.12. 2011

.....

Podpis

Poděkování

Ráda bych poděkovala vedoucí diplomové práce Ing. Blance Tomkové, Ph.D., za cenné rady, připomínky a věnovaný čas, který mi poskytla při vypracování diplomové práce. Mé poděkování patří i laborantkám v laboratořích KTM za ochotu a pomoc při měření.

V neposlední řadě patří velké dík mým rodičům, za podporu a pomoc po celou dobu mého studia.

Anotace

Hlavním cílem této práce bylo uvést přístroj M021S do provozu a umožnit tak jeho využití pro měření prodyšnosti textilií na Katedře textilních materiálů.

Teoretická část je zaměřena na propustnost textilií a mikroklimatické podmínky vzduchu. Dále na vlastnosti příze a tkaniny, které mají vliv na prodyšnost. Následující kapitola je věnována porozitě a pórům v tkanině, která z prodyšností úzce souvisí. Poslední kapitola se zabývá predikcí prodyšnosti.

Experimentální část je následně zaměřena na experimentální zjišťování prodyšnosti a popis a přístrojů, na kterých bylo prováděno měření prodyšnosti. Dále je zde popsáno zprovoznění přístroje M021S. Výsledky měření prodyšnosti z přístrojů jsou pak statisticky zpracovány. Na závěr je uvedeno porovnání těchto přístrojů a následné vyhodnocení výsledků měření.

Klíčová slova

Prodyšnost

Kalibrace

Pórovitost

Tkanina

Pór

Annotation

Main task of the thesis was put the machine M021S to operation and make it possible to utilize the tester for measurement of the air permeability in the laboratory of Textile Materials Department.

Theoretical part is focused on permeability of the textiles and microclimatic conditions of an air. Also it is focused on the features of the yarn and fabric which influence the permeability. Next chapter is given to porosity and pores in the fabric, which is closely associated with the air permeability. Last chapter deals with prediction of the air permeability.

The experimental part is then focused on experimental measurement of the air permeability and description of the machines, which were used to measure the air permeability. Also, there is described launching of the machine M021S. The results of measurement the air permeability are then statistically processed. In the end there is specified a comparison of these machines and evaluation of the results of measurements.

Keywords

Air Permeability

Calibration

Porosity

Fabric

Pore

OBSAH	str.
Seznam použitých symbolů a zkratk	
ÚVOD	13
TEORETICKÁ ČÁST	14
1. Prodyšnost textilií	14
1.1 Propustnosti	14
1.2 Propustnost vzduchu	15
1.3 Mikroklimatické podmínky	16
1.3.1 Teplota vzduchu	16
1.3.2 Vlhkost vzduchu	16
1.3.3 Rychlost proudění vzduchu	17
2. Faktory ovlivňující prodyšnost	18
2.1 Parametry příze	18
2.1.1 Jemnost vlákna	18
2.1.2 Jemnost příze	19
2.1.3 Průměr příze	19
2.1.4 Zákrut příze	20
2.1.5 Zaplnění příze	20
2.1.6 Chlupatost příze	22
2.2 Parametry plošné textilie (tkaniny)	22
2.2.1 Vazba	22
2.2.2 Plošná hmotnost	23
2.2.3 Objemová měrná hmotnost	23
2.2.4 Pórovitost	23
2.2.5 Tloušťka	24
2.2.6 Dostava	24
2.2.7 Setkání	25
2.3 Finální úpravy	25
2.3.1 Hydrofóbní úprava	25
2.3.2 Oleofobní úprava	26
2.3.3 Tužící úprava	26
2.3.4 Kalandrování	26

3. Porozita (pórovitost) a póry v tkanině	27
3.1 Porozita	27
3.2 Obecná geometrická charakteristika	28
3.2.1 Velikosti pórů	28
3.2.2 Konvenční póry	29
3.2.3 Vztah vláken a pórů	30
3.2.4 Zobecněné póry	32
3.3 Vyjádření porozity plošné textilie	32
3.3.1 Objemová definice porozity	33
3.3.2 Plošná porozita	33
3.4 Stanovení porozity geometrickými modely	34
3.4.1 Model porozity tkaniny podle Gooijera	34
3.4.2 Model porozity tkaniny podle Havrdové	36
4. Predikce prodyšnosti v závislosti na geometrických vlastnostech	39
4.1 Pórové modely	40
4.2 Predikce prodyšnosti podle Militkého	41
4.3 Predikce prodyšnosti ze strukturních parametrů	42
4.4 Modelování prodyšnosti pomocí výpočetní techniky	43
EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	46
5. Hodnocení prodyšnosti	46
5.1 Stanovení prodyšnosti na základě přímých měření	46
5.2 Zjišťování prodyšnosti	47
5.2.1 Doporučené zkušební podmínky	47
5.2.2 Princip hodnocení prodyšnosti	48
6. Zařízení na měření prodyšnosti	50
6.1 Přístroj M021S	50
6.1.1 Charakteristika přístroje	50
6.1.2 Seřízení přístroje	51
6.1.2.1 Pokusné měření na přístroji	51
6.1.2.2 Montáž a seřízení přístroje	52
6.2 Přístroj Metefem FF 12/A	53
6.3 Přístroj FX 3300	55

7. Experimentální měření prodyšnosti tkanin na přístrojích	58
7.1 Měření prodyšnosti na přístroji Metefem	58
7.2 Měření prodyšnosti na přístroji M021S	62
7.3 Měření prodyšnosti na přístroji FX 3300	66
7.4 Ověření správnosti měření na přístroji M021S	67
ZÁVĚR	70

Literatura

Příloha 1 Návod na použití přístroje M021S pro měření prodyšnosti textilií – česky

Příloha 2 Vzorky kalibračních tkanin a jejich vlastnosti

Příloha 3 Tabulky naměřených hodnot na přístrojích a převody jednotek

Seznam použitých symbolů a zkratek

a	šířka vzorku [m]
A	zkušební plocha vzorku [m]
A_p	povrch póru [m]
A_{1-4}	plochy obrazů 1 – 4 jednotlivých typů tkanin [m ²]
AP	predikce prodyšnosti [m/s]
b	délka vzorku [m]
d	průměr příze [m]
d_o	průměr osnovní nitě [m]
d_p	ekvivalentní průměr póru [m]
d_s	substanční průměr příze [m]
d_u	průměr útkové nitě [m]
D	dostava [1/m]
D_o	dostava osnovy [1/m]
D_u	dostava útku [1/m]
G	plošná hmotnost [m]
h	tloušťka textilie [m]
IS_H	horní interval spolehlivosti
IS_D	dolní interval spolehlivosti
k	vlhkostní faktor
K	materiálová konstanta
l	délka vlákna [km]
L_p	charakteristická délka konvenčního póru [m]
L_p	koeficient tlakového spádu [Pa]
m	hmotnost vlákna [g]
m_{1-4}	počet jednotlivých typů pórů obsažených ve střídě vazby
n	počet nití na měřenou délku
n_{so}	počet vazných bodů ve střídě vazby ve směru osnovy
n_{su}	počet vazných bodů ve střídě vazby ve směru útku
O_l	obvod póru [m]
p_p	průřez póru [m ²]
p_l	tlak před tkaninou [Pa]

p_2	tlak za tkaninou [Pa]
P	pórovitost [1]
P_s	plošná porozita [1]
P_G	porozita dle Gooijera [1]
P_H	porozita dle Havrdové [1]
q_p	tvarový faktor konvenčního póru
q_v	rychlost průtoku vzduchu [l/min]
R	prodyšnost [mm/s]
Re	Reynoldsovo číslo
s	směrodatná odchylka
s^2	rozptyl
s_o	setkání osnovy
s_p	plocha póru [m ²]
s_u	setkání útku
S	plocha průřezu vlákna [m ²]
S_p	plocha příze [m ²]
S_c	celková plocha [m ²]
t	teplota [°C]
t_{vl}	jemnost vlákna [tex]
T	jemnost příze [tex]
v	povrchová rychlost tekutiny [m/s]
v	variační koeficient
V	objem vláken [m ³]
V_c	celkový objem vláken [m ³]
V_p	objem póru [m ³]
V_{ZO-}	objem nezakříženého spojovacího úseku osnovní nitě [m ³]
V_{ZO+}	objem zakříženého spojovacího úseku osnovní nitě [m ³]
V_{1-4}	prázdné objemy pórových buněk typu 1 – 4 [m ³]
\bar{x}	průměrná hodnota
Z	zakrytí
θ_o	úhel provázání osnovní nitě [°]
Δp	rozdíl tlaků [Pa]
γ_p	objemový povrch póru [m ³]
μ	zaplnění [1]

μ_m	mezní zaplnění [1]
π	Ludolfovo číslo
ρ	hustota [kg/m ³]
ρ_{H_2O}	měrná hmotnost H ₂ O [kg/m ³]
ρ_k	hustota komponenty klimatizovaných vláken [kg/m ³]
ρ_s	plošná hmotnost [m ²]
ρ_{sm}	pórovitost směsových textilií [%]
ρ_v	objemová měrná hmotnost [kg/m ³]
ρ_{vls}	měrná hmotnost suchých vláken [kg/m ³]
φ	relativní vlhkost [%]
ψ	porezita [1]

Seznam zkratk

aj.	a jiné
č.	číslo
ČSN	Česká státní norma
EN	Evropská norma
ISO	International Standard Organization
KTM	Katedra textilních materiálů
např.	například
Obr.	obrázek
resp.	respektive
Tab.	tabulka
t.j.	to je
TUL	Technická univerzita v Liberci
tzv.	tak zvaný

ÚVOD

Každý, kdo chce zjistit nějakou vlastnost neznámého materiálu, potřebuje mít k tomu vhodné zařízení. K získání spolehlivých výsledků je ovšem potřeba správné nastavení daného přístroje. Proto je důležité provádět u měřících přístrojů jejich pravidelnou kontrolu a kalibraci. Pro měření parametrů tak variabilních materiálů, jako jsou textilie, to platí dvojnásob. Tato práce je zaměřena na zajištění spolehlivého měření prodyšnosti textilních materiálů na novém přístroji M021S pořízeném pro laboratoř Katedry textilních materiálů.

Prodyšnost je schopnost textilie propouštět vzduch za stanovených podmínek. Tato vlastnost je úzce spjata se strukturou tkaniny. Protože právě struktura ovlivňuje její výsledné vlastnosti. Určující pro strukturu plošné textilie je mimo jiné struktura a geometrie délkové textilie, z nichž je textilie vyrobena.. Význam vlastností tkanin závisí na účelu jejich použití. Tyto vlastnosti rozhodují o tom, jakým způsobem bude textilie hodnocena spotřebitelem.

Z hlediska prodyšnosti je porozita považována za jednu z nejdůležitějších parametrů struktury textilie. Porozitu lze definovat jako poměrné zastoupení objemu pórů vzduchu vůči objemu textilie. Pro stanovení porozity existuje několik modelů, které jsou v této práci zmíněny. Důležitou fází při projektování nové textilie je predikce prodyšnosti a s ní související porozity. Porozitu i prodyšnost je možno stanovit řadou teoretických postupů i různými experimentálními metodami.

Měření prodyšnosti se dá provádět na různých typech přístrojů. Ať už jsou to přístroje automatizované nebo ty, které ke svému chodu potřebují pomoc obsluhy. V této práci jsou popsány 3 typy přístrojů, na kterých bylo prováděno měření prodyšnosti. Velká část je ale soustředěna přístroj M021S, u něhož bylo hlavním úkolem uvedení do provozu. Dále stanovení jeho rozsahu měření a nastavení přístroje tak, aby byl schopen měřit běžné oděvní a technické tkaniny. Na závěr je vyhodnoceno zpracování naměřených výsledků a porovnání přístrojů mezi sebou.

TEORETICKÁ ČÁST

1. Prodyšnost textilií

V oblasti fyziologicko – hygienických vlastností patří prodyšnost mezi důležité užité vlastnosti jak textilních tak i oděvních materiálů. Každý kdo si na sebe vezme nějaký oděv se v něm chce především cítit pohodlně a dobře. Tuto skutečnost může zajistit právě správná prodyšnost textilie. Ať už se jedná o zvýšení prodyšnosti, kdy vzduch dobře cirkuluje a člověk se v oblečení nepotí a nebo o snížení prodyšnosti, a tím zabránění prostupu vzduchu k tělu.

1.1 Propustnosti

Pod pojmem propustnosti je na mysli průnik určitého média přes vrstvu textilie. Prostupy mohou být obecně realizovány v obou směrech, zpravidla ale převažuje směr od organismu do okolního prostředí. Pokud je plošná textilie vystavována fyzikálnímu prostředí, které má na obou jejích stranách (rub i líc) rozdílnou intenzitu, dochází zde k prostupu tohoto média, směrem k nižší úrovni přes plošnou textilií.

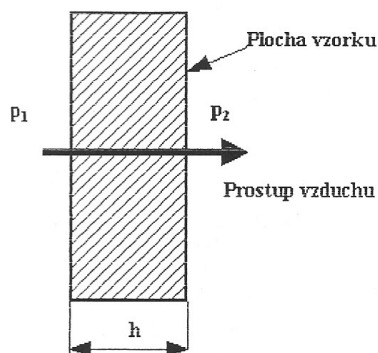
Na základě kvalit těchto medií se propustnosti rozdělují na:

- ◆ propustnost vzduchu
- ◆ propustnost vodní páry
- ◆ propustnost vody
- ◆ propustnost tepla

Tyto propustnosti můžeme pozorovat nejen u oděvních textilií, které jsou součástí oděvů, ale také u technických textilií. Je to např. propustnost vzduchu u rounových filtrů klimatizací, netkaných filtračních pláten na filtrování roztoků, tepelná propustnost u stanových pláten aj. [1].

1.2 Propustnost vzduchu

Propustnost vzduchu, označována též jako prodyšnost je jednou z nejdůležitějších parametrů užitkových vlastností textilií.



Obr. 1 Prostup vzduchu textilií

K propustnosti vzduchu plošnou textilií dochází tehdy, je-li na obou stranách textilie rozdílný barometrický tlak a vykazuje-li textilie nenulovou hodnotu pórovitosti. Na základě tohoto rozdílu Δp je dána rychlost prostupu. Na obrázku 1 je uvedené schéma tloušťky plošné textile h , přes kterou prochází vzduch. Na jedné straně je tlak vzduchu větší p_1 , na druhé straně potom tlak menší p_2 . Vzduch s tlakem p_1 proudí vrstvou textilie přes tloušťku h na druhou stranu, kde je tlak p_2 . Děj se uskutečňuje vždy do doby než se tlaky vyrovnají [3].

Prodyšnost materiálu ovlivňují vlastnosti jejich struktury a druh úpravy. Prodyšnost textilií je závislá na jejich tloušťce a objemové hmotnosti, vlhkosti, počtu vrstev a na tloušťce vzduchových mezivrstev. Se zvětšující se tloušťkou se zmenšuje počet průchozích pórů, a tím klesá prodyšnost materiálu. Díky prodyšnosti materiálu se odvádí oxid uhličitý a další zplodiny vylučované pokožkou. Prodyšnost je závislá na stříhovém řešení, na počtu vrstev, na rychlosti větru i rozdílu teplot vnějšího vzduchu a vzduchu pod oděvem. Se zvýšením rychlosti větru a zvětšením rozdílu teplot vnějšího vzduchu a vzduchu pod oděvem sílí proudění v textiliích a mezivrstvách, což vede k poklesu tepelně izolačních vlastností textilií.

S prodyšností úzce souvisí tepelný odpor proudícího vzduchu. U textilií s velkou prodyšností, což jsou řídké tkaniny, pleteniny nebo netkané textilie, klesá tepelný odpor v proudícím vzduchu rychleji než u textilií s malou prodyšností. Současně též s prodyšností souvisí schopnost textilie propouštět vodu a vodní páru.

Dalším faktorem ovlivňující prodyšnost je vlhkost vzduchu. S rostoucí vlhkostí textilie dochází k poklesu prodyšnosti. Je to způsobeno zaplněním pórů vodou a nabobtnáním vláken, které přitom brání průchodu vzduchu materiálem. V případě že máme klimatizovaný vzorek a prosáváme klimatizovaným vzduchem (při podmínkách $t = 20 \pm 2$ °C a $\varphi = 65 \pm 2\%$) hovoříme o stacionárním stavu. Pokud je však prosávání vzduchu prováděno přes suchý či mokrý vzorek (nebo není dostatečně klimatizován), je to stav nestacionární. Vzorek se postupně zavlhčuje, resp. vysychá (sorpce – bobtnání) a hodnoty prodyšnosti nejsou stabilní [1, 3].

1.3 Mikroklimatické podmínky

Fyziologický komfort člověka je určen teplotou, relativní vlhkostí a rychlostí proudění vzduchu. Tyto mikroklimatické podmínky jsou na sobě závislé. Změna jedné má za následek i změnu dalších dvou. Tyto fyzikální veličiny vymezují subjektivní pocit pohody či nepohody. Rozhodující pro tepelný stav člověka je jeho tepelná bilance, tj. vztah mezi množstvím tepla jím produkovaného a množstvím tepla odváděného z organismu do okolního prostředí [15].

1.3.1 Teplota vzduchu

Vypovídá o tepelné zátěži nebo subjektivním pocitu tepelné pohody člověka. Tepelná pohoda je jedním z faktorů zajišťujících optimální prostředí pro pobyt člověka. Lze ji charakterizovat jako stav rovnováhy pro lidský organismus. Při pocitu tepelné pohody je zachována rovnováha metabolického tepelného toku (celková tepelná produkce člověka) a toku tepla odváděného z těla při optimálních hodnotách fyziologických parametrů.

1.3.2 Vlhkost vzduchu

Vlhkost vzduchu vnitřního prostředí závisí na venkovní vlhkosti, technologických nebo jiných zdrojích a množství lidí. Doporučené hodnoty jsou v rozmezí 30 – 60 %

relativní vlhkosti. Vlhkost je člověkem mnohem méně pociťována než teplota, ale i tak může na jedince nepříznivě působit. V zimní období dochází při vytápění k poklesu relativní vlhkosti na 20 % i méně.

1.3.3 Rychlost proudění vzduchu

Tepelná pohoda je ovlivněna rovněž rychlostí proudění vzduchu. Člověk vnímá každé proudění vzduchu. To však může být i zdrojem pocitu nepohody (diskomfortu). Vyšší rychlosti proudění zpravidla zlepšují tepelnou pohodu při vyšších teplotách. Zároveň však již mohou vést až ke zdravotním potížím. Pokud se povrch těla vlivem proudícího vzduchu nadměrně ochlazuje rychlým odpařováním potu, dochází k prochladnutí organismu. Pocit chladu se zvětšuje. Tenká mezní vrstva ohřátého vzduchu na povrchu těla nebrání pronikání vířících částic chladného vzduchu až na kůži. Zvyšuje se přestup tepla konvekcí a dochází k dalšímu ochlazení. Rychlosti proudění vzduchu by se měly celoročně pohybovat v rozmezí od 0,1 – 0,3 m/s (0,36 – 1,08 km/hod) v závislosti na druhu činnosti a použitém oděvu.

Když mrzne a fouká vítr je výrazně ovlivňována ztráta tepla. Tento stupeň pocitu lze vyjádřit tzv. „Windchill efektem“. Ten udává pociťovanou teplotu na povrchu těla při určité vnější teplotě a rychlosti větru. Čím je vítr silnější, tím je výraznější i Windchill efekt [16].

teplota vzduchu ve °C	rychlost větru v km/hod			
	>10	>> 20	>>> 30	>>>> 40
14	12	8	6	5
12	10	6	3	2
10	8	3	1	-1
8	5	1	-2	-4
6	3	-2	-7	-7
4	1	-5	-10	-10
2	-1	-7	-11	-13
0	-4	-10	-14	-16
-2	-6	-12	-16	-19
-4	-8	-15	-19	-22
-6	-10	-17	-22	-25
-8	-12	-20	-25	-28
-10	-15	-23	-28	-31
-12	-17	-25	-30	-34
-14	-19	-28	-33	-37

Obr. 2 Windchill efekt

2. Vlastnosti ovlivňující prodyšnost

Přehled vlastností plošných textilií, které mohou ovlivňovat prodyšnost je zaměřen na tkaniny. Je to z toho důvodu, že pro hodnocení prodyšnosti v experimentální části byla vybrána sada tkanin.

2.1 Parametry příze

Příze je délková textilie složená ze spřadatelných vláken, zpevněná zákrutem nebo pojením tak, že při napínání příze dochází k přetrhu jednotlivých vláken. Definici příze, tedy finálního výrobku přádelnické technologie, zohledňuje charakter vnějšího tvaru délkové textilie, ale i charakteristické vlastnosti jako dosažený stupeň mezivláknenné soudržnosti.

2.1.1 Jemnost vlákna

Pro vyjádření tloušťky vláken se standardně používá jemnost (měrná lineární hmotnost) v jednotkách [tex]. Jemnost t_{vl} je definována jako poměr hmotnosti vlákna m ku jeho délce l . Je zřejmé, že při stejné jemnosti t bude průměr vláken s menší měrnou hmotností (hustotou) větší než průměr vláken s vyšší měrnou hmotností [4].

Rovnice jemnosti vlákna je:

$$t_{vl} = \frac{m}{l} = \frac{l s \rho_v}{l} = s \rho_v \quad (1)$$

kde:

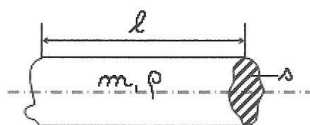
t_{vl} – jemnost vláken [tex]

m – hmotnost vláken [g]

l – délka vláken [km]

s – plocha průřezu vláken [m²]

ρ_v – objemová měrná hmotnost [kg/m³]



Obr. 3 Vlákno

2.1.2 Jemnost příze

Patří mezi základní charakteristiku příze. Jemnost nití je definována určitým vztahem mezi její hmotností a příslušnou délkou. Normou je tato vlastnost nazývána jako délková hmotnost. Hlavní jednotkou jemnosti je jednotka T [5].

$$T = \frac{m}{l} \quad (2)$$

kde:

T – jemnost [tex]

m – hmotnost nitě [g]

l – délka nitě [km]

2.1.3 Průměr příze

Tvar příčného řezu z hlediska porosity je důležitý v tom, jak těsně k sobě vlákna v přízi doléhají. Pod pojmem průměr příze d [m] lze považovat průměr nejmenšího válce, ve kterém je soustředěno podstatné množství vláken, které tvoří hmotnost nitě. Určitá část vláken opouští tento válcový útvar a vyčnívá na povrch nitě. Podle charakteru tohoto průměru existují i různé obtíže v definici průměru.

Příze svým tvarem připomíná válec, proto vznikl pojem průměr příze d . Protože rozhraní mezi okolním prostředím a přízí není ostré (příze není kompaktní těleso), je tvořeno přechodnou oblastí chlupatosti příze, je nutné používat pojem „průměr“ příze jako modelovou představu nebo teoreticky daný průměr [10].

Pro průřez S příze platí vztah:

$$S = \frac{\pi d^2}{4} \quad (3)$$

Odkud se může odvodit vztah pro průměr příze d :

$$d = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4T}{\pi \rho}} \quad (4)$$

kde:

d – průměr příze [m]

T – jemnost příze [tex]

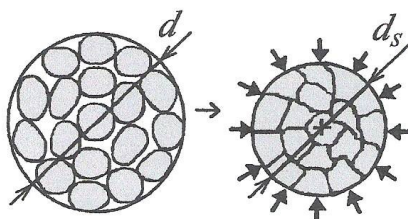
ρ – měrná hmotnost vláken [kg/m³]

S – průřez příze [m²]

Kdyby se daly (hypoteticky) z příze odstranit všechny mezivláknové prostory, stal by se z ní homogenní váleček, jehož plocha průřezu by byla shodná se součtem ploch průřezu všech vláken. Takto definovaná plocha se nazývá substanční průměr příze.

Takový váleček má substanční průměr d_s , takže pak platí vztah:

$$S = \frac{\pi d_s^2}{4} \Rightarrow d_s = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4T}{\pi \rho}} \quad (5)$$



Obr. 4 Průměr příze - Substanční průměr příze

2.1.4 Zákrut příze

Tato veličina vyjadřuje počet otáček, které vloží zakrucovací pracovní orgán do vláknenného svazku na jeho určitou délku (převážně se počítají zákruty na 1 m). Podle směru zakrucování urovnaného vláknenného svazku se označuje zákrut jako pravý (Z) a levý (S), obrázek 5. V technologii předení zákrut slouží pro konečné zjemnění přástu a jeho zpevnění. Jednotlivá vlákna jsou k sobě více přitlačena a zhutněna, tím vznikne větší tření mezi vlákny (větší soudržnost). Tímto procesem se také ovlivňuje do jaké míry bude příze prodyšná. To znamená, že čím větší bude počet zákrutů na délku 1 m, tím více budou vlákna na sebe dosedat a prostor mezi vlákny se bude zmenšovat [2].



Obr. 5 Směry zákrutu příze

2.1.5 Zaplnění příze

Zaplnění μ je definováno podle Neckáře jako podíl objemu vláken ku celkovému objemu příze. Vyjadřuje poměr objemu vláken v daném úseku příze jednotkové délky a celkového objemu tohoto úseku [6].

Zaplnění příze μ se proto může vyjádřit pomocí vztahu:

$$\mu = \frac{V}{V_c} = \frac{Sl}{\frac{\pi d^2}{4}l} = \frac{4S}{\pi d^2} = \frac{4T}{\pi d^2 \rho} \quad 0 \leq \mu \leq 1 \quad (6)$$

kde:

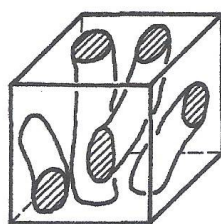
V – objem vláken [m^3]

V_c – celkový objem [m^3], platí $V \leq V_c$

T – jemnost příze [tex]

d – průměr příze [m]

ρ – měrná hmotnost vláken [kg/m^3]



Obr. 6 Objemové zaplnění

Z předcházejícího vztahu je potom možno vyjádřit průměr d „volné“ příze jako:

$$d = \sqrt{\frac{4S}{\pi \mu}} \Rightarrow d = \sqrt{\frac{4T}{\pi \mu \rho}} \quad (7)$$

vztah mezi jemností T , průměrem d a zákrutem Z příze řeší komprimační hypotéza, podle které se může zaplnění příze μ vyjádřit vztahem:

$$\frac{\left(\frac{\mu}{\mu_m}\right)^{\frac{3}{2}}}{\left[1 - \left(\frac{\mu}{\mu_m}\right)^3\right]^3} = \frac{K}{8 \sqrt{\frac{\pi \mu_m^3}{\rho}} \sqrt{T} \left(1 - \sqrt{\frac{t}{T}}\right)^2} \quad (8)$$

kde:

μ_m – mezní zaplnění, (pro přízi se volí 0,8)

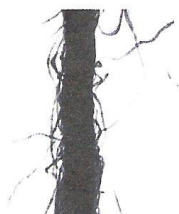
K – materiálová konstanta ($K = 0,975$)

T – jemnost příze [tex]

Zaplnění je bezrozměrná veličina, která nabývá hodnot i intervalu od 0 do 1, $\mu \in \langle 0,1 \rangle$

2.1.6 Chlupatost příze

Chlupatost je definována množstvím vystupujících nebo volně pohyblivých konců vláken, nebo vlákenných smyček z příze. Kritérium pro posuzování je počet odstávajících vláken, jako délkových jednotek, nebo plošných jednotek, z těla příze do určité vzdálenosti. Chlupatost výrazným způsobem ovlivňuje jak zpracovatelské vlastnosti příze, tak i užitné vlastnosti koncového produktu.



Obr. 7 Podélný pohled na chlupatost staplové příze

2.2 Parametry plošné textilie (tkaniny)

Tkaniny jsou plošné textilie vytvořeny ze dvou soustav nití navzájem provázaných vazbou. Vazné body jsou tvořeny překřížením nití v pravém úhlu (u klasických tkanin). Styk nití (inetakce) je víceméně bodový. Pro popis existuje mnoho modelů.

2.2.1 Vazba

Je definována jako systém provázání jedné nebo více soustav podélných (osnovních) nití a z jedné nebo více soustav příčných (útkových) nití zpravidla v kolmém směru. Každé překřížení osnovní a útkové nitě se nazývá vazný bod. Vazné body jsou hlavním nositelem mechanických a tvarových vlastností tkanin. Jejím zkoumáním se zabývá nauka o vazebních technikách. V rámci zkušebnictví je vazba určována buď pod lupou nebo páráním nití a zakreslováním jejich provázání do patrony. Mezi základní vazby tkanin patří vazba plátňová, keprová a atlasová. Vedle základních vazeb existuje i celá řada vazeb odvozených a složených [8].

2.2.2 Plošná hmotnost

Jemnost plošných textilií se vyjadřuje její hmotností na jednotku plochy.

Plošná hmotnost je tak stanovena ze vztahu:

$$\rho_s = \frac{m}{S} = \frac{m}{ab} \quad (9)$$

kde:

ρ_s – plošná hmotnost [kg/m²]

m – hmotnost odstříhu [kg] plošné textilie o ploše S [m²]

S – plocha odstříhu plošné textilie [m²]

a – šířka vzorku [m]

b – délka vzorku [m]

2.2.3 Objemová měrná hmotnost

Objemová měrná hmotnost je definována jako hmotnost 1 m³ plošné textilie, což je podle fyzikální definice hustota ρ . Tato vlastnost určuje hustotu textilie, kolik vzduchu je mezi vlákny. Jelikož je pojem hustota používán u plošných textilií v jiných souvislostech, proto byl zaveden pojem objemové měrné hmotnosti [10].

Podle definice je tato veličina dána vztahem:

$$\rho_v = \frac{m}{V} = \frac{m}{Sh} = \frac{\rho_s}{h} \quad (10)$$

kde:

ρ_v – objemová měrná hmotnost [kg/m³]

m – hmotnost plošné textilie [kg]

V – objem plošné textilie [m³]

h – tloušťka vzorku [m]

2.2.4 Pórovitost

Vypočítá se ze vztahu:

$$P = \frac{\rho - \rho_v}{\rho} 100 \quad (11)$$

kde:

P – pórovitost textilie [%]

ρ – hustota klimatizovaných vláken [kg/m³] (hledá se v tabulkách)

ρ_v – objemová měrná hmotnost textilie [kg/m³]

U stanovení pórovitosti směsových textilií se vychází vztahu:

$$\rho_{sm} = \frac{1}{100} \sum_{k=1}^k \rho_k v_k \quad (12)$$

kde:

ρ_{sm} – pórovitost textilie [%]

ρ_k – hustota komponenty klimatizovaných vláken [kg/m^3] (hledá se v tabulkách)

ρ_v – obsah komponenty ve vlákenné směsi [%]

2.2.5 Tloušťka

Tloušťkou plošné textilie se rozumí kolmá vzdálenost mezi lícem a rubem textilie. Měření probíhá za předepsaného zatížení a výsledek se vyjadřuje v [mm]. Jelikož je textilie materiál snadno deformovatelný (stlačitelný) je měření tloušťky textilie normou předepsáno za přesně stanoveného přitlaku čelisti. K měření tloušťky textilie je používáno tloušťkoměrů různých konstrukcí. Principem měření tloušťky textilie však zůstává změření vzdálenosti mezi dvěma čelistmi, mezi kterými je umístěna textilie. Naměřená hodnota veličiny závisí také na průměru osnovních a útkových nití, na dostavě tkaniny a zejména použité vazbě. Dále také na použitém materiálu, který může ovlivňovat tloušťku tkaniny např. tuhost nití [11].

2.2.6 Dostava

Dostavou se rozumí počet nití jednoho směru na délku 100 mm směru druhého. Dostava osnovy tedy znamená počet osnovních nití počítaných na 100 mm počítaných ve směru útku. Dostava tkaniny je definována zvlášť pro osnovní a zvlášť pro útkovou soustavu nití.

Dostava se stanoví podle vztahu:

$$D = \frac{n}{l} \quad [\text{nití}/100 \text{ mm}] \quad (13)$$

kde:

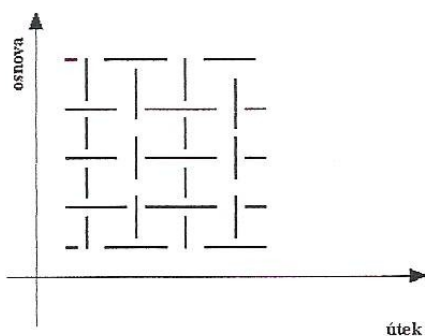
n – počet nití na měřenou délku

l – měřená délka

Dostavu je pak třeba přepočítat na počet nití na 100 mm.

Dostava se měří buď počítáním nití na vyznačenou délku nebo pod tkalcovskou lupou, která má okénko 10x10 mm popř. 25x25 mm. Přesnější postup stanovení dostavy

je spočítání vypáraných nití osnovy a útku ze vzorku 100x100 mm ustřiženého přesně po niti. Hodnota dostavy osnovních a útkových nití ovlivňuje hustotu tkaniny. Pokud je dostava osnovních a útkových nití malá, jedná se o řídkou tkaninu. V opačném případě se jedná o hustou tkaninu. Dostava tkaniny závisí na jemnosti příze, ale zejména na vazbě tkaniny. Nej hustší provázání je u plátnové vazby. Změnou hodnot dostavy útku na různých místech tkaniny lze vytvářet ozdobné prvky a vzory tkaniny [2].



Obr. 8 Dostava osnovy a dostava útku

2.2.7 Setkání

Při výrobě tkaniny dochází při provázování nití obou soustav (soustavy osnovy a soustavy útku) ke zvlnění nití. Toto zvlnění zkracuje původní délku osnovy a útku na konečnou délku nitě v tkanině po tkaní. Setkání je tedy hodnotou zkrácení příze vlivem vazebního provázání [1,2].

2.3 Finální úpravy

Finální úpravy patří ke konečným úpravám textilií před vlastním zpracováním. Pomocí nich můžeme dosáhnout nových požadovaných vlastností a to např. vzhledových, omakových, stabilizačních a nebo nám mohou zajistit určitou ochranu.

2.3.1 Hydrofobní úprava

Tato úprava potlačuje v textilií smáčivost a propůjčuje ji vodoodpudivost. Ta může u textilií nastat tak, že jsou textile buď neprodyšné – vodotěsné nebo prodyšné pouze pro vzduch. V prvním případě musí textile ustát určitý tlak vodního sloupce. Takové textile jsou pak méně prodyšné, úprava se tedy hodí spíše pro technické tkaniny. V případě druhém je propustnost pro vzduch uskutečňována pouze mezi vlákny.

jednotlivá vlákna jsou totiž obalena tenkým hydrofobním filmem, takže brání vniku vody přímo do vláken.

2.3.2 Oleofobní úprava

Pro zlepšení nešpinivosti textilu se používají tzv. oleofobní úpravy obvykle na bázi perfluorovaných sloučenin. Nanášejí se z lázně a fixují se teplem. Na oleofobním materiálu oleje tvoří kuličky, které se nevsakují a jde je snadno otřepat či opláchnout vodou. Běžné textilní materiály mají oleofobitu poměrně malou, proto se upravují speciálními chemikáliemi.

2.3.3 Tužící úprava

Vytvořením filmu na povrchu vláken se ovlivní omak výrobku, vznikne tužící účinek. Úprava se provádí pomocí tužících přípravků, k nimž patří škrob, rostlinné klovatiny, klíh, disperze syntetických pryskyřic apod. Při každé úpravě dojde k zaplnění textilního materiálu.

2.3.4 Kalandrování

Kalandrování patří mezi nejdůležitější konečné úpravnické práce pro textilie z klasických celulóзовých i syntetických materiálů. Podstata kalandrování spočívá v tom, že zboží prochází v plné šíři v jedné vrstvě mezi válci kalandru. Jejich silným tlakem dochází ke zploštění původního kruhového profilu vlákna. Kalandrováním lze ovlivnit lesk, hladkost a omak zboží v širokém rozsahu. Kalandry také slouží k odstranění vlhkosti ze zboží a k vytvoření různých vzorových efektů [9].

3. Porozita (pórovitost) a póry v tkanině

3.1 Porozita

Porozita je důležitá vlastnost, která zásadně ovlivňuje propustnost i prodyšnost textilií. Má rozhodující vliv na použití textilií pro vybrané speciální aplikace (filtry, padáky, atd.). Ovlivňuje také použití textilií pro oděvní účely, kde může být nízká porozita příčinou nízkého komfortu.

Porozita P je bezrozměrné číslo a vypovídá o tom kolik vzduchu je v textilii obsaženo. Za póry v textilii lze považovat všechny prostory uvnitř textilie, které jsou vyplněny vzduchem. Porozitu lze vyjádřit buď to jako poměrné číslo z intervalu (0,1) nebo v procentech v intervalu (0,100). Při použití procentuálního vyjádření, vyjadřuje porozita procentuální zastoupení vzduchu v textilii.

Zkouška spočívá ve stanovení objemové měrné hmotnosti a výpočtu pórovitosti dle níže uvedeného vztahu:

$$P = \frac{\rho_{vlk} - \rho_v}{\rho_{vlk}} 100 \quad (14)$$

kde:

P – pórovitost textilie [%]

ρ_{vlk} – hustota klimatizovaných vláken [kg/m^3] (hledá se v tabulkách)

ρ_v – objemová měrná hmotnost textilie [kg/m^3]

Měrná hmotnost klimatizovaných vláken se hledá v tabulkách nebo se vypočte dosazením do vztahu:

$$\rho_{vlk} = \frac{k}{\frac{1}{\rho_{vls}} + \frac{k-1}{\rho_{H_2O}}} \quad (15)$$

kde:

k – vlhkostní faktor $k = 1 + (V_p/10^2)$, V_p – vlhkostní přírážka

ρ_{vls} – měrná hmotnost suchých vláken [kg/m^3]

ρ_{H_2O} – měrná hmotnost H_2O při 20°C = $998,205 \text{ kg/m}^3$

Porozita, nebo též pórovitost, je důležitá vlastnost, která zásadně ovlivňuje propustnost i prodyšnost textilií [18].

3.2 Obecná geometrická charakteristika

Každá příze a plošná textilie má ve své struktuře určitý podíl prostoru mezi vlákny a nitěmi v textili, tzv. póry. Tyto póry ovlivňují prodyšnost z hlediska jejich velikosti, tvarů, uspořádání a četnosti v přízi a plošné textilii. Póry se také rozdělují podle místa, kde se nacházejí:

- póry uvnitř vláken (z hlediska prodyšnosti se zanedbávají)
- póry mezi vlákny uvnitř nitě
- póry mezi osnovními a útkovými nitěmi (mezinitnné póry)

3.2.1 Velikosti pórů

Póry mohou zaujímat nejrůznější tvary jako např. skuliny, štěrby či kanálky. Jejich tvar se odvíjí od tvaru průřezů vláken, z nichž je daná vlákenná vrstva tvořena. Velikost pórů závisí na zaplnění vlákny. Málo zaplněná vrstva bude obsahovat velké množství pórů a naopak vrstva s vysokým procentem zaplnění bude málo porézní.

Objem pórů

Objem pórů (t.j. objem vzduchu) ve vlákenném útvaru se vyjadřuje dle vztahu:

$$V_p = V_c - V = V_c \psi = \frac{V}{\mu} (1 - \mu) = V \frac{1 - \mu}{\mu} \quad (16)$$

kde:

V_c – celkový objem [m^3]

V – objem vláken [m^3]

ψ – porozita

μ – objemové zaplnění

Póry se částí svého obvodu stýkají s vlákny, kde vznikají reálné hranice pórů, těmi je určen obvod průřezu póru p_p . Částí se stýkají s jinými póry, kde je nutné určit tzv. fiktivní hranice obvodu póru, aby bylo možné stanovit přibližnou hodnotu plochy póru s_p a ekvivalentní průměr póru d_p .

Pak se může plocha průřezu póru a jeho ekvivalentní průměr definovat jako:

$$s_p = \frac{\pi d_p^2}{4} \quad (17)$$

$$d_p = \sqrt{\frac{4s_p}{\pi}} \quad (18)$$

3.2.2 Konvenční póry

Geometrická představa o konvenčních pórech je taková, že tyto póry jsou vzduchové válce, jejichž objem i povrch jsou shodné s objemem a povrchem mezer mezi vlákny. Tvarový faktor konvenčních pórů $q_p^* = 0$. Velikost pórů je charakterizována čtyřnásobkem veličiny $1/\gamma_p$, která vyjadřuje převrácenou hodnotu objemového povrchu a má rozměr délky.

Pak **průměr konvenčního póru** je definován rovnicí:

$$d_p^* = \frac{4}{\gamma_p} = \frac{d_p}{(1 + q_p)} \quad (19)$$

$$d_p^*(1 + q_p) = d_p \quad (20)$$

Plocha průřezu konvenčního póru:

$$s_p^* = \frac{\pi d_p^{*2}}{4} \quad (21)$$

Obvod průřezu konvenčního póru:

$$p_p^* = \pi d_p^* \quad (22)$$

Dosazením d_p^* do výrazu pro **povrch pórů** se dostane rovnice:

$$A_p = \pi [d_p^*(1 + q_p)](1 + q_p)L_p = \pi d_p^*(1 + q_p)^2 L_p \quad (23)$$

$$(1 + q_p)^2 L_p = L_p^* \quad (24)$$

$$A_p = \pi d_p^* L_p^* \quad (25)$$

kde:

L_p^* - charakterizovaná délka konvenčních pórů

q_p, L_p – závisí na volbě fiktivních hranic

Dosazením těchto parametrů do výrazu pro výpočet **objemu pórů** se získá vztah:

$$V_p = \frac{\pi [d_p^* (1 + q_p)]^2}{4} \frac{L_p^*}{(1 + q_p)^2} = \frac{\pi (d_p^*)^2}{4} L_p^* \quad (26)$$

Důležitý je i tzv. **tvarový faktor póru** q_p , který je definován jako:

$$q_p = \frac{p_p}{\pi d_p} - 1 \quad (27)$$

$$q_p > -1$$

Pro vlákna kruhového průřezu je $q_p = 0$.

Předpokladem je, že vláknový útvar má všechny póry stejné a platí pro ně předchozí veličiny a vztahy, jsou to tzv. střední charakteristiky pórů. Další charakteristikou je souhrnná délka póru L_p , pomocí níž lze vypočítat teoretický objem pórů V_p , povrch pórů A_p a objemový povrch pórů γ_p :

$$V_p = s_p L_p = \frac{\pi d_p^2}{4} L_p \quad (28)$$

$$A_p = p_p L_p = \pi d_p (1 + q_p) L_p \quad (29)$$

$$\gamma_p = \frac{A_p}{V_p} = \frac{4(1 + q_p)}{d_p} \quad (30)$$

3.2.3 Vztah vláken a pórů

Povrch pórů lze odvodit z předpokladu, že tam kde končí vlákno, začíná vzduch kolem něj. Je zde předpoklad, že povrch pórů je současně povrchem vláken. Uvažuje se styk vláken v bodech či v křivkách. Pokud by byly v kontaktech mezi vlákny styčné plochy, nemohly by být do povrchu pórů zahrnovány.

Předpoklad lze zapsat jako:

$$A_p = A \quad (31)$$

$$\gamma_p V_p = \gamma A \quad (32)$$

$$\frac{4}{\gamma_p} = \frac{V_p}{V} \frac{4}{\gamma} \quad (33)$$

Platí:

$$\frac{V_p}{V} = \frac{V_p}{V_c} \frac{V_v}{V} = \frac{1-\mu}{\mu} \quad (34)$$

Ekvivalentní průměr pórů:

$$d_p = \frac{4(1+q_p)}{\gamma_p} = \frac{V_p}{V} \frac{4}{\gamma} (1+q_p) = \frac{1-\mu}{\mu} \frac{4}{\gamma} (1+q_p) \quad (35)$$

$$d_p = \frac{1+q_p}{1+q} \frac{1-\mu}{\mu} d \quad (36)$$

Výpočet délky pórů:

$$\frac{V_p}{V} = \frac{(\pi d_p^2 / 4) L_p}{(\pi d^2 / 4) L} = \frac{d_p^2 L_p}{d^2 L} = \frac{1-\mu}{\mu} \quad (37)$$

$$L_p = \frac{d^2}{d_p^2} \frac{1-\mu}{\mu} L = \left(\frac{1+q}{1+q_p} \frac{\mu}{1-\mu} \right)^2 \frac{1-\mu}{\mu} L \quad (38)$$

$$L_p = \left(\frac{1+q}{1+q_p} \right)^2 \frac{\mu}{1-\mu} L \quad (39)$$

Objemový povrch pórů:

$$\gamma_p = \frac{\mu}{1-\mu} \frac{4(1+q)}{d} \quad (40)$$

3.2.4 Zobecněné póry

Postupným odvozováním z předchozích vztahů lze dospět k definici ekvivalentního průměru póru (podle Neckáře). Výpočet se používá pro srovnání s hodnotami získanými měřeními. Platí zde empirický předpoklad, že vztah pro ekvivalentní průměr póru lze zapsat jako:

$$d_p = \frac{k}{1+q} \left(\frac{1-\mu}{\mu} \right)^a d = \frac{1+q_p}{1+q} \frac{1-\mu}{\mu} d \quad (41)$$

kde:

k – konstanta (pro póry s konstantní délkou se $k = 1$)

d – průměr vlákna

q – tvarový faktor vlákna

a – konstanta zvolená podle výsledků experimentálních měření

Pro póry s konstantním tvarovým faktorem je $a = 1$, pro póry s konstantní délkou je $a = 0,5$ [10].

Tvarový faktor:

$$q_p = k \left(\frac{\mu}{1-\mu} \right)^{1-a} - 1 \quad (42)$$

Souhrnná délka pórů je:

$$L_p = \frac{(1+q)^2}{(1+q_p)^2} \frac{\mu}{1-\mu} L = \frac{(1+q)^2}{\left[k \left(\frac{\mu}{1-\mu} \right)^{1-a} \right]^2} \frac{\mu}{1-\mu} L \quad (43)$$

$$L_p = \frac{(1+q)^2}{k^2} \left(\frac{\mu}{1-\mu} \right)^{2a-1} L \quad (44)$$

3.3 Vyjádření porozity plošné textilie

Jako základní konstrukční parametry, z nichž je možné odhadnout porositu tkaniny jsou zpravidla uvažovány: dostava osnovních D_o a útkových nití D_u , průměr osnovních d_o , útkových nití d_u , případně typ vazby. Tkanina je uvažována jako bioporézní

struktura, přičemž póry uvnitř nití jsou zpravidla také zanedbány. Existují tři základní přístupy pro stanovení porozity z konstrukčních parametrů tkaniny. Všechny tři postupy vycházejí z idealizované struktury tkaniny, kde příze mají kruhový průřez a jsou rovnoměrně rozmístěny v celé ploše tkaniny.

3.3.1 Objemová definice porozity

Objemová definice porozity vede na výpočet z plošné hmotnosti v následujících variantách:

- A) z plošné hmotnosti – model zahrnuje mikroporozitu mezi vlákny, ale nebere v úvahu distribuci a tvar póru

$$\psi_A = \frac{V_p}{V_c} = \frac{V_c - V}{V_c} = 1 - \mu = 1 - \frac{V_v}{V_c} = 1 - G / \rho t \quad (45)$$

- B) ze zaplnění nití

$$\psi_B = \frac{V_p}{V_c} = 1 - (D_o T_o (1 + s_o) / \mu_o + D_u T_u (1 + s_u) / \mu_u) / \rho t \quad (46)$$

Vzorec vypovídá o celkovém množství vzduchu, který je obsažen v textilií. Zahrnuje póry uvnitř nití mezi vlákny i póry mezi jednotlivými nitěmi.

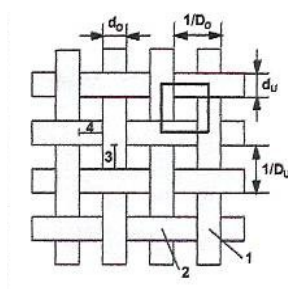
s_o , s_u , μ_o , μ_u nejsou zpravidla známy a jejich stanovení s sebou může do výsledku vnést nepřesnosti.

Předpoklad je, že textilie je chápána jako plochá destička s rovinným horním a spodním povrchem. Reliéf povrchu textilie rovinný není a za póry v textilií jsou považovány i prostory vyplněné vzduchem, který je ve skutečnosti již mimo textilií.

3.3.2 Plošná definice porozity

Zakrytí

$$Z = d_o D_o + d_u D_u - d_o d_u D_o D_u \quad (47)$$



Obr. 9 Zakrytí tkaniny

A) z plošného zakrytí

$$\psi_2 = \frac{S_p}{S_c} = 1 - d_o D_o + d_u D_u - d_o D_o d_u D_u \quad (48)$$

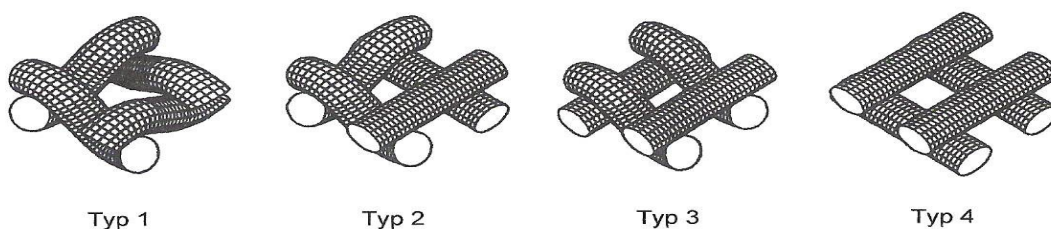
Pór přístupný pro vzduch může vzniknout pouze ve směru kolmém k tkanině mezi nitěmi. U hustě dostavených tkanin, je otevřená plocha nulová, vzduch nemusí procházet jen kolmo k textilií, ale může protékat mezi nitěmi i v šikmém směru (oboustranné obtékání nití) [13].

3.4 Stanovení porozity geometrickými modely

3.4.1 Model porozity tkaniny dle Gooijera

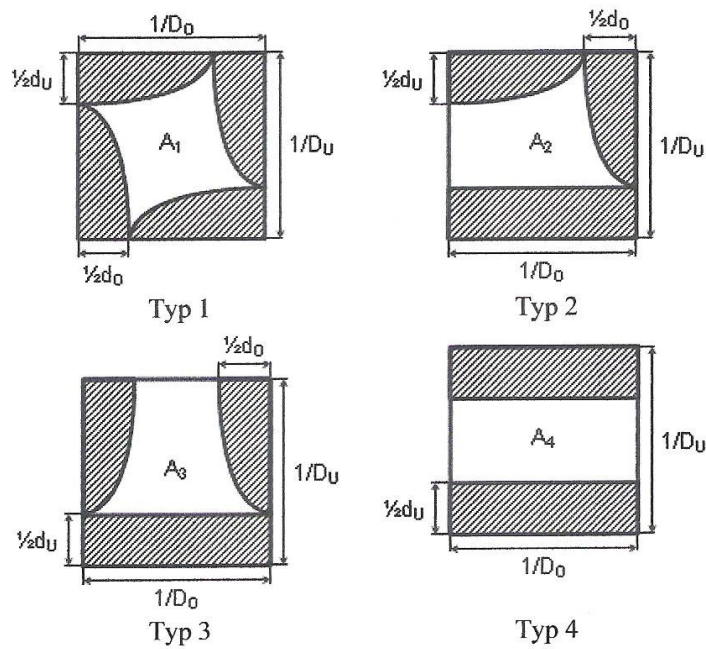
Typ vazby tkaniny částečně zohledňuje modifikovaná 2D interpretace porozity tkaniny definována Gooijerem. Uvažoval, že nitě v tkanině nejsou zpravidla uloženy všechny v jedné rovině, takže ani póry nejsou v jedné rovině, ale jsou různě nakloněné. K prodyšnosti tak nedochází pouze v kolmém směru, ale i ve směru šikmém. Gooijer vycházel z Backerovy definice čtyř typů jednotkových pórových buněk, z nichž je každá tkanina složena.

Gooijer představil nový model, který zahrnuje jak typ použité vazby, tak částečně i prostorovou strukturu tkaniny. Každý typ vazby je možné vytvořit kombinací pórových buněk, které je možno vidět na obrázku 10.



Obr. 10 Čtyři typy jednotkových pórových buněk ve tkanině podle Backera

Na základě uvedených předpokladů Gooijer provedl průmět omočených obvodů (v nejužším příčném řezu póru) čtyř přízí tvořících pór do roviny textilie. Získal tak 2-D průměty čtyř typů pórů v jejich nejužším místě, které zohledňují jejich tvarovou odlišnost, obrázek 11. Vztahy pro výpočet otevřených ploch jednotlivých typů pórů A_1 – A_4 a jejich odvození lze nalézt v práci Gooijera [19].



Obr. 11 Průměty omočených obvodů čtyř typů pórových buněk v tkanině

Při znalosti průměru přízí a délky přízí mezi dvěma středy vazných bodů v tkanině, se může pomocí čtyř typů pórů navržených Goojierem vypočítat otevřenost ploch jednotlivých typů pórů [19].

$$A_1 = \frac{1}{D_o} \frac{1}{D_u} - \frac{\pi}{4} d_u \left(\frac{1}{D_o} - \frac{d_o}{2} \right) - \frac{\pi}{4} d_o \left(\frac{1}{D_u} - \frac{d_u}{2} \right) \quad (49)$$

$$A_2 = \frac{1}{D_o} \frac{1}{D_u} - \frac{\pi}{8} d_u \left(\frac{1}{D_o} - \frac{d_o}{2} \right) - \frac{\pi}{8} d_o \left(\frac{1}{D_u} - \frac{d_u}{2} \right) - \frac{d_u}{2} \frac{1}{D_o} \quad (50)$$

$$A_3 = \frac{1}{D_o} \frac{1}{D_u} - \frac{d_u}{2} \frac{1}{D_o} - \frac{\pi}{4} d_o \left(\frac{1}{D_u} - \frac{d_u}{2} \right) \quad (51)$$

$$A_4 = \frac{1}{D_o} \frac{1}{D_u} - \frac{1}{D_o} d_u \quad (52)$$

kde:

D_o, D_u – dostavy osnovních a útkových nití [1/m]

d_o, d_u – průměry osnovních a útkových nití [m]

Porozitu otevřené plochy tkaniny přístupné pro proud vzduchu lze pak vyjádřit jako:

$$P_G = \frac{m_1 A_1 + m_2 A_2 + m_{3A} A_3 + m_4 A_4}{\frac{1}{D_O} n_{SO} \frac{1}{D_U} n_{SU}} \quad (53)$$

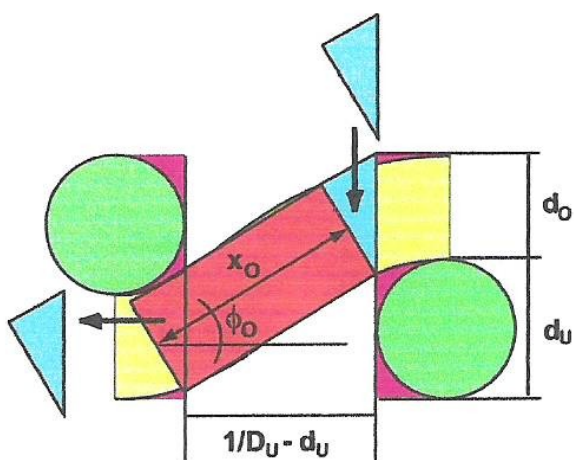
kde:

n_{SO}, n_{SU} – počty vazných bodů ve střídě vazby ve směry osnovy a útku

$m_1 - m_4$ – počty pórů typu 1 – 4 obsažených ve střídě

$A_1 - A_4$ – plochy obrazů jednotlivých typů pórů [m^2]

3.4.2 Model porozity tkaniny dle Havrdové



Obr. 12 Schéma zjednodušeného 3D modelu porozity

Tento model vychází především z představy, že 4 typy pórových buněk se výrazně neliší v místech překřížení osnovních a útkových nití (ve vazných bodech). Místa vazných bodů jsou uvažována jako zcela vyplněná hmotou příze, obrázek 12. Pórové buňky se liší především v místech spojovacích úseků vazných bodů. Čím více je pórová buňka provázaná (resp. nitě, které ji tvoří), tím větší je její zaplnění, tím menší je její porozita a tím méně přispívá tento typ pórové buňky k prodyšnosti tkaniny. Zakřížené a nezakřížené spojovací úseky vazných bodů zasahují do vazné buňky vždy polovinou válce. Zanedbává se zde porozita uvnitř příze a podle předpokladu nitě nejsou prodyšné.

Každá pórová buňka je tvořena ze dvou úseků osnovních nití a dvou úseků útkových nití. Buňky se od sebe navzájem liší různými kombinacemi zakřížených a nezakřížených úseků těchto nití.

Celkový objem jedné libovolné pórové buňky V_c je určen jako:

$$V_c = \frac{1}{D_o} \frac{1}{D_u} (d_o + d_u) \quad (54)$$

Celkový objem pórové buňky je částečně vyplněn hmotou příze. V případě nezakříženého úseku je objem příze v pórové buňce menší, než v případě zakříženého úseku. V místech vazných bodů je objem pórové buňky uvažován jako plně vyplněný hmotou příze. Čtyři typy pórových buněk se v těchto místech nijak výrazně neliší. Liší se především v místech spojovacích úseků těchto vazných bodů – v míře provázání resp. též v míře zaplnění. Pórová buňka typu 1 je zaplněna nejvíce, je nejprovázanější a zároveň platí, že tkaniny obsahující pouze póry typu 1 jsou nejméně prodyšné. Objemy nezakříženého a zakříženého spojovacího úseku nitě zasahují do jedné pórové buňky [20].

Tyto objemy lze stanovit podle vztahů:

$$V_{ZO-} = \frac{\pi d_o^2}{8} \left(\frac{1}{D_u} - d_u \right) \quad (55)$$

$$V_{ZO+} = \frac{\pi d_o^2}{8} \frac{\left(\frac{1}{D_u} - d_u \right)}{\cos \phi_o} \quad (56)$$

kde:

V_{ZO-} - objem nezakříženého spojovacího úseku osnovní nitě [m^3]

V_{ZO+} - objem zakříženého spojovacího úseku osnovní nitě [m^3]

ϕ_o – úhel provázání osnovní nitě [$^\circ$]

Na základě uvedených vztahů lze vyjádřit pro pórové buňky typu 1 až 4 objemy nevyplněné hmotou příze, resp. vyplněné vzduchem jako:

$$V_1 = V_c - [d_o d_u (d_o + d_u) + 2V_{ZO+} + 2V_{ZU+}] \quad (57)$$

$$V_2 = V_c - [d_o d_u (d_o + d_u) + V_{ZO+} + V_{ZO-} + V_{ZU+} + V_{ZU-}] \quad (58)$$

$$V_{3A} = V_c - [d_o d_u (d_o + d_u) + 2V_{ZO-} + 2V_{ZU+}] \quad (59)$$

$$V_{3B} = V_c - [d_o d_u (d_o + d_u) + 2V_{ZO+} + 2V_{ZU-}] \quad (60)$$

$$V_4 = V_c - [d_o d_u (d_o + d_u) + 2V_{ZO-} + 2V_{ZU+}] \quad (61)$$

Porozitu tkaniny s libovolným typem vazby lze stanovit jako:

$$P_H = \frac{m_1 V_1 + m_2 V_2 + m_{3A} V_{3A} + m_{3B} V_{3B} + m_4 V_4}{V_c n_{SO} n_{SU}} \quad (62)$$

kde:

V_c – celkový objem jakékoli pórové buňky [m^3]

V_1 až V_4 – prázdné objemy pórových buněk typu 1 až 4 [m^3]

n_{SO} a n_{SU} – počty vazných bodů ve střídě ve směru osnovy a útku

m_1 až m_4 – počty jednotlivých typů pórů obsažených ve střídě vazby

4. Predikce prodyšnosti v závislosti na geometrii textilních struktur

Predikce neboli odhad budoucích hodnot skutečného průběhu, je velmi důležitá při vývoji textilních materiálů.

Prodyšnost plošné textilie velmi úzce souvisí s její strukturou. Nalezení vzájemného vztahu mezi strukturou a její prodyšností je dlouhodobou snahou celé řady výzkumných prací zabývajících se uvedenou problematikou. Ve většině těchto prací lze vysledovat některé společné znaky:

- textilie je přirovnávána ke kovové (drátěné) síťce
- za parametr reprezentující strukturu textilie je zpravidla volena její porosita, velmi často se navíc jedná pouze o plošnou interpretaci porosity tkaniny vyjádřenou tzv. podílem otevřené plochy tkaniny
- výzkum se omezuje pouze na tkaniny vyrobené z monofilu, případně z multifilu

Většina výzkumných prací zabývajících se otázkami vztahu mezi prodyšností a strukturou tkanin se omezuje pouze na tkaniny vyrobené z monofilu, případně multifilu. Jedním ze zřejmých důvodů je skutečnost, že struktura tkanin vyrobených ze staplových vláken je příliš složitá pro přesná teoretická řešení. Tkaniny ze staplových resp. přírodních vláken však mají své široké uplatnění.

Další společným bodem řady výzkumných prací je, že přirovnávají textilní tkaninu k tkanině vyrobené z kovových drátků. Tento přístup představuje výrazné zjednodušení reálné situace. Zatímco struktura drátěného síta, resp. tkaniny zůstává v proudu vzduchu nezměněná (v rozmezí tlakových spádů Δp , běžně aplikovaných na textilní materiály), struktura textilie se v důsledku silových účinků proudícího vzduchu mění.

Jak již bylo zmíněno, struktura textilních materiálů má zcela odlišné vlastnosti od materiálů kovových. Přirovnání textilní tkaniny k drátěné síťce, které je při modelování proudění vzduchu přes textilní materiály obvyklé, tedy není zcela správné. Je-li textilní tkanina postavena do cesty proudícímu vzduchu jako překážka, dochází k silovému účinku proudu na tuto překážku a tím k rozevírání pórů do stran. V důsledku toho dochází ve struktuře tkaniny k četným změnám – deformacím. Tento jev byl označen jako tzv. horizontální nárůst porozity.

Dále při proudění vzduchu přes tkaninu dochází k vzájemnému pohybu resp. oddalování volně flotujících úseků nití. Dochází ke vzniku přídavných pórů zvětšováním tloušťky textilie během měření, tento jev byl označen jako tzv. vertikální nárůst porozity. To má za následek výrazné zvýšení prodyšnosti, protože vzduch při obtékání nití může proudit i těmito nově vzniklými póry. Rozhodující měrou se projevuje především u tkanin s delšími neprovázanými úseky nití, které nejsou dostatečně pevně ukotveny ve vazbě tkaniny.

Strukturu tkaniny tedy není možné ve vztahu k její prodyšnosti prezentovat pouze porózitou. Velmi důležitým parametrem je také způsob provázání nití v tkanině [14].

Z výsledků hodnocení vzájemného vztahu mezi strukturou tkaniny a jejich prodyšností vyplývá, že nelze nalézt vhodný model, který by měl obecnou platnost a byl vhodný pro všechny typy tkanin. Pro tkaniny bavlnářského typu byly vytvořeny podklady pro vytvoření software, na základě něhož je možné predikovat přibližně hodnotu prodyšnosti tkaniny z jejich základních konstrukčních parametrů.

4.1 Pórový model

Velikost pórů v textilií, jejich tvar, uspořádání a četnost jsou rozhodující charakteristiky plošné textilie z hlediska její propustnosti pro vzduch. Pro vyjádření či stanovení porozity existuje řada teoretických postupů i experimentálních metod. Každý z těchto postupů zahrnuje určité zjednodušující předpoklady, které vnášejí do výsledku jisté nepřesnosti. Je tedy velmi obtížné nalézt tu nejvhodnější variantu popisu porozity textilního materiálu, která by nejvíce vypovídala o jeho propustnosti pro vzduch.

Póry uvnitř textilních vláken jsou z hlediska prodyšnosti jednoznačně zanedbatelné. Textilie proto bývá uvažována jako biporézní struktura (póry uvnitř nitě vytvořené mezi vlákny a póry vytvořené mezi osnovními a útkovými nitěmi – tzv. mezinitnné póry). Při teoretickém hodnocení prodyšnosti tkanin, ať už jsou vyrobeny z monofilu, multifilu nebo staplových přízí, však bývá zpravidla přijímán zjednodušující předpoklad, že nitě jsou neprodyšné a vzduch proudí pouze mezinitnými póry. V literatuře je možné dohledat výsledky experimentů, které tento předpoklad potvrzují. Je však zřejmé, že to platí pouze v případě relativně řídké tkaných tkanin. U hustě

dostavených tkanin nemá vzduch dostatečný prostor pro proudění mezinitnými póry (nitě jsou příliš těsně u sebe) a značný podíl tedy proudí přes póry uvnitř nití.

4.2 Predikce prodyšnosti podle Militkého

Prodyšnost porézních materiálů závisí na jejich morfologické struktuře. Díky složitosti textilních struktur a nedostatku vhodných matematických modelů, je většinou prodyšnost určována experimentálně. Hlavní snahou teoretických analýz prodyšnosti textilních materiálů bývá nalezení vztahu mezi prodyšností a strukturou textilií.

Militký ve své práci [17] uvádí následující model pro predikci prodyšnosti. Pokud se vychází z představy tkaniny na základě pórového modelu, tlakový spád se může vyjádřit takto:

$$\frac{\Delta p}{t} = E_v + F_v^2 \quad (63)$$

kde:

t – tloušťka tkaniny [m] (Militký vychází z předpokladu vyrovnané tkaniny tzn. že $t = d_o + d_u$),

v – povrchová rychlost tekutiny [m/s]

E, F – konstanty, které závisí na typu proudění a typu pórů.

Celkový tlakový spád může být nahrazen koeficientem tlakového spádu LP :

$$LP = \frac{\Delta p}{0,5 \rho_a v} \quad (64)$$

kde:

ρ_a – hustota vzduchu [kg/m³] (pro suchý vzduch o teplotě 25°C platí $\rho_a = 1,175$ kg/m³)

Tlakový spád je závislý na Reynoldsově čísle:

$$Re = \frac{v d_p}{P_s \vartheta} \quad (65)$$

kde:

d_p – průměr póru [m],

P_s – plošná porozita [1]

v – kinetická viskozita vzduchu [m²/s]

Celkový tlakový spád LP může být definován jako funkce Reynoldsova čísla Re a porozity tkaniny P :

$$LP = \frac{1-P}{P^2} \left(\frac{40}{Re^{0,75}} + (1-P) \right) \quad (66)$$

Tento vztah platí pro hodnoty Reynoldsova čísla od $Re = 1$ (pro všechny hodnoty porozity) do $Re = 10^3$ (pro hodnoty porozity menší než 0,5).

Vztah mezi LP a AP je vyjádřen následovně:

$$LP = \frac{2}{S_{VZ}^2 \rho \Delta p AP^2} \quad (67)$$

odtud vztah pro predikci prodyšnosti AP [m/s]

$$AP = \frac{2}{S_{VZ}^2 \rho \Delta p LP^2} \quad (68)$$

kde:

S_{VZ} – zkušební plocha 20 cm² [m²]

4.3 Predikce prodyšnosti ze strukturních parametrů tkaniny

Hodnotu prodyšnosti by bylo možno předem odhadnout orientačně ze základních struktur parametrů tkaniny, tak jako uvádí Havlová [25]. Těmito strukturními parametry jsou míněny zejména jemnosti, resp. průměry osnovních a útkových nití používaných pro výrobu tkaniny a také dostavy osnovy a útku.

Je nutno podotknout, že se jedná o tkaniny s plátnovou vazbou. Ze základních strukturních parametrů tkaniny lze vypočítat teoretickou plochu kolmého průmětu jednoho mezinitného póru tkaniny do roviny.

$$A_l = \left(\frac{1}{D_o} - d_o \right) \left(\frac{1}{D_u} - d_u \right) \quad (69)$$

kde:

A_l – plocha póru [m²]

d_o – průměr osnovní nitě [m]

d_u – průměr útkové nitě [m]

D_o – dostava osnovních nití ve tkanině [1/m]

D_u – dostava útkových nití ve tkanině [1/m]

Dále lze stanovit obvod kolmého průmětu jednoho mezinitného póru tkaniny do roviny.

$$O_1 = 2 \left(\frac{1}{D_o} - d_o \right) + 2 \left(\frac{1}{D_u} - d_u \right) \quad (70)$$

kde:

O_1 – obvod póru [m]

d_o – průměr osnovní nitě [m]

d_u – průměr útkové nitě [m]

D_o – dostava osnovních nití ve tkanině [1/m]

D_u – dostava útkových nití ve tkanině [1/m]

Dalším parametrem, který lze vypočítat ze základních strukturních parametrů je průměr kolmého průmětu jednoho mezinitného póru.

$$d_p = \frac{1}{2} \left[\left(\frac{1}{D_o} - d_o \right) + \left(\frac{1}{D_u} - d_u \right) \right] \quad (71)$$

kde:

d_p – průměr póru [m]

d_o – průměr osnovní nitě [m]

d_u – průměr útkové nitě [m]

D_o – dostava osnovních nití ve tkanině [1/m]

D_u – dostava útkových nití ve tkanině [1/m]

Havlová ve své výzkumné zprávě navrhla dva vztahy pro predikci prodyšnosti:

$$AP \approx (1,6254D_o - 1864,8)O_1 + (-0,0002D_o - 0,4294) \quad (72)$$

kde:

AP – prodyšnost [m/s]

D_o – dostava osnovních nití [1/m]

O_1 – obvod póru [m]

$$AP \approx (135637T^{-0,866})d_p - 0,94 \quad (73)$$

kde:

AP – prodyšnost [m/s]

T – jemnost nití ve tkanině [tex]

d_p – průměr póru [m]

4.4 Modelování prodyšnosti pomocí výpočetní techniky

Dalším ze způsobů, jak predikovat prodyšnost tkaniny, je využití softwaru, pracujícího na principu neuronových sítí. Tato predikční metoda má velkou výhodu, že se nemusí uvádět zjednodušující předpoklady.

Komárková a Štalmachová [24] ověřovaly predikci prodyšnosti tkanin pomocí neuronových sítí a zabývaly se návrhem vhodné architektury neuronových sítí pro stanovení propustnosti bavlněných tkanin. Pro práci byla vybrána síť typu MLP s kontrolovaným učením. Pro srovnání byly použity sítě se dvěma skrytými vrstvami, které se lišily počtem neuronů ve vrstvách (7-3-4-1, 7-3-3-1, 7-3-2-1, 7-2-3-1). S těmito vzorky bylo provedeno 5 experimentů.

Ze zápisu čísel lze pozorovat, že se neuronové sítě skládaly vždy ze 7 vstupních neuronů, které představovaly 7 vstupních nezávislých proměnných. Počty neuronů v 1. a 2. skrytých vrstvách se lišily z toho důvodu, aby byla zajištěna možnost monitorování predikční schopnosti sítě. Za nezávislé proměnné byly považovány strukturní charakteristiky tkanin (dostava osnovy a útku, jemnost osnovy a útku, plošná hmotnost, tloušťka a cover faktor). Za optimální model se zvolil ten, který dosáhl nejlepších výsledků s kombinacemi kritérií. Kritéria pro hodnocení kvality odhadu byla stanovena korelační analýzou mezi predikovanými a naměřenými hodnotami. Model musel splňovat podmínky: nejnižší maximální a střední průměrnou chybu samo učících dat, nejnižší maximální a střední průměrnou chybu testovaných dat, korelační index a sklon přímky.

Těmto předpokladům nejlépe vyhovoval model se stavbou neuronů v jednotlivých vrstvách 7-3-3-1. Autorky však konstatovaly, že tento model není jediný vyhovující. Tímto experimentem se potvrdila použitelnost neuronové sítě pro predikci prodyšnosti tkanin.

Také Glombíková, Kůs a Halasová [26] se ve své práci zabývali predikcí pomocí neuronových sítí. Konkrétně pracovali se sítěmi se zpětným šířením – BPG a modelem s radiální bázovou funkcí – RBF. Zjišťovali také jaký vliv má transformace dat na kvalitu predikce. Protože problémem analýzy více rozměrných dat je jejich vzájemná závislost mezi vstupními proměnnými, provádí se transformace původních proměnných ($x_1, x_2 \dots x_n$) na latentní proměnné ortogonální ($y_1, y_2 \dots y_n$).

Upravená i neupravená data byla použita jako vstupy pro cvičné neuronové síť typu BPG a RBF a byla sledována jejich rozdílnost. Experiment provedli na tkaninách, na kterých byly predikovány jejich mechanické vlastnosti. Vzorky měřili metodou KES.

Nejlepších výsledků bylo dosaženo použitím zpětné šířící sítě – BPG s netransformovanými daty, s topologií 7-13-1 se 13 neurony ve skryté vrstvě. Dobrého výsledku dosáhla taktéž zpětně šířící síť s transformovanými daty, s použitou topologií 7-11-1.

EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

5. Hodnocení prodyšnosti

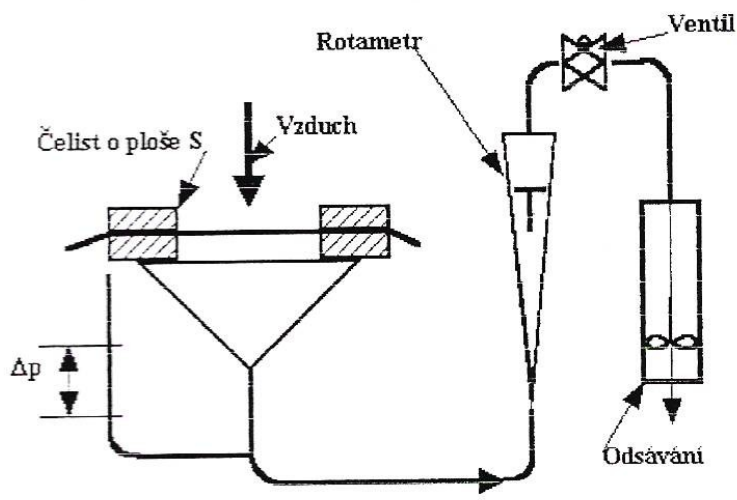
Měření prodyšnosti plošných textilií se provádí dle normy ČSN EN ISO 9237, platné od června roku 1995. Podstatou zkoušky je změřit rychlost proudícího vzduchu, který prochází kolmo na zkušební vzorek při stanoveném tlakovém spádu. To znamená, že je textilie podrobena působení rozdílného barometrického tlaku mezi jejím rubem a lícem. Další norma podle které se hodnotí prodyšnost je interní norma č. 33-302-01/01 „Hodnocení prodyšnosti tkanin“. Tato norma doplňuje platnou evropskou normu ČSN EN ISO 9237.

Dříve se prodyšnost zjišťovala z objemu vzduchu procházejícího plošnou textilií. Nyní je definována pomocí rychlosti proudu vzduchu procházejícího plošnou textilií. Zkušební podmínky jsou doporučené, je možno si zvolit alternativní plochu i podtlak [12].

5.1 Stanovení prodyšnosti na základě přímých měření

Schéma zařízení na měření prodyšnosti

Zjištění této charakteristiky se provádí na přístroji, který odsává vzduch z čelisti, ve které je upnut vzorek textilie.



Obr. 13 Schéma přístroje na měření prodyšnosti

Jeho základ tvoří vzduchové čerpadlo, které z potrubí nasává vzduch. Tím se vytvoří podtlak Δp , měřitelný manometrem. Použitelné hodnoty jsou v mezích 0 – 1,96 kPa (0 – 200 mm vodního sloupce) a jejich přesné nastavení je provedeno regulačním ventilem. Na konci potrubí se vkládají vyměnitelné kruhové čelisti, kam se upíná plošná textilie definované plochy, vystavená aktivnímu prostupu vzduchu. Množství takto prošlého vzduchu je měřeno rotametrem (průtokový měřič vzduchu). Jedná se o průhlednou trubici, ve které je umístěn plováček. Jeho stupnice je cejchována v jednotkách objemových a za jednotku času se vypočte množství prošlého vzduchu danou plochou textilie při nastaveném podtlaku.

Z naměřených hodnot množství prošlého vzduchu textilií a z velikosti zkoušené plochy se vypočte prodyšnost. Výpočet vyplývá z použitého zařízení [1,2].

5.2 Zjišťování prodyšnosti

Norma definuje prodyšnost jako rychlost proudu vzduchu procházejícího kolmo na zkušební vzorek při specifických podmínkách pro zkoušení plochu, tlakový spád a dobu. Proto, aby došlo k prostupu vzduchu skrz plošnou textili, musí být na obou stranách textilie rozdílný barometrický tlak a nenulová hodnota pórovitosti. Vzduch pak prostupuje směrem k nižší hodnotě.

5.2.1 Doporučené zkušební podmínky

Vzorky se odebírají buď podle postupu uvedeného v materiálové specifikaci pro plošnou textili nebo podle dohody mezi zúčastněnými stranami.

Ovzduší pro klimatizování a zkoušení musí odpovídat požadavkům ISO 139.

Doporučené zkušební podmínky:

- teplota $20 \pm 2^\circ \text{C}$
- relativní vlhkost vzduchu $65 \pm 2 \%$

Zkušební zařízení přístroje bývá složeno z:

- ❖ kruhového držáku zkušebních vzorků s otvorem o ploše 5 cm², 20 cm², 50 cm² nebo 100 cm² (standardní plocha dle normy je 20 cm²). Odchylka velikosti plochy otvoru nesmí překročit $\pm 0,5 \%$
- ❖ upínacího zařízení, které zajistí bezpečné upnutí zkušební vzorku bez deformace
- ❖ ochranného prstence, k zabránění pronikání vzduchu okraji vzorku, jako doplňující pomůcka k upínacímu zařízení
- ❖ zařízení pro měření tlaku, spojené se zkušební hlavicí, s rozsahem 50 Pa, 100 Pa, 200 Pa nebo 500 Pa a přesností minimálně 2% pro měření tlakového spádu
 - nejvhodnější tlakový spád dle normy:
 - 100 Pa pro oděvní plošné textilie
 - 200 Pa pro technické plošné textilie
- ❖ průtokoměru, měřiče objemu nebo měřicí clony, které měří rychlost průtoku vzduchu v dm³/min (l/min) s přesností minimálně $\pm 2\%$

5.2.2 Princip hodnocení prodyšnosti

Zkoušení prodyšnosti probíhá dle následujícího postupu:

Zkušební vzorek je upnut do kruhového držáku vzorku s použitím dostatečného napětí, které zabrání vzniku záhybů. Je třeba dbát na to, aby upnutá plocha textilie nebyla deformována. Je třeba se vyhnout švům, zmačkaným místům a skladům. U plošných textilií, jejichž strany mohou být různě prodyšné se v protokolu o zkoušce uvede, která strana byla zkoušena. Jednostranně povrstvené zkušební vzorky se upnou povrstvenou stranou směrem k nižšímu tlaku aby se zabránilo netěsnostem. Zapne se sací ventilátor nebo jiné zařízení, které nasává vzduch přes zkušební vzorek a průtok vzduchu se postupně seřizuje tak, aby na zkušební ploše textilie vznikl předem určený tlakový spád. Nejméně po jedné minutě nebo po dosažení ustálených podmínek se zaznamená průtok vzduchu. Zkouška se opakuje za stejných podmínek minimálně desetkrát na různých místech zkušební vzorku.

Výpočet a výsledky prodyšnosti se pak vyjádří dle vzorce:

$$R = \frac{\overline{q_v}}{A} 167 \quad (74)$$

kde:

R – prodyšnost [mm/s]

q_v – rychlost průtoku vzduchu [l/min] (do vzorce se dosazuje průměrná hodnota z měření)

A – zkušební plocha vzorku [cm²]

167 – přepočítavací faktor z [dm³/min/cm²] na [mm/s]

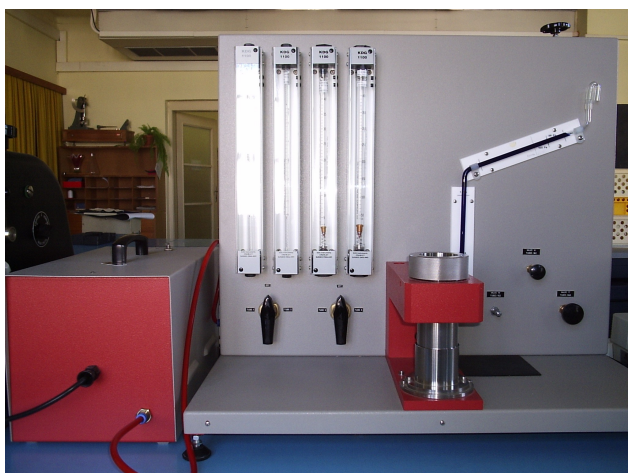
6. Zařízení na měření prodyšnosti

6.1 Přístroj na měření prodyšnosti M021S

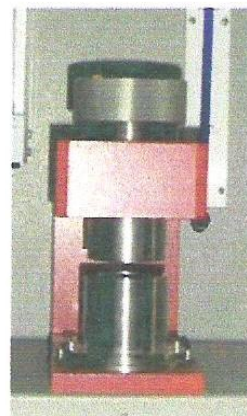
Tento přístroj se nachází na Textilní fakultě na Katedře textilních materiálů. Přístroj byl zakoupen více než před 10-ti lety a měření na něm probíhalo spíše pokusně a jen příležitostně. Výsledky měření prodyšnosti vykazovaly rozdílné hodnoty v porovnání s výsledky z jiných měření. Proto cílem této práce bylo dát přístroj do provozu a umožnit tak na něm běžně měřit. Dále je třeba stanovit jeho rozsah měření prodyšnosti a určit vhodnost tkanin, které bude tento přístroj možno měřit.

6.1.1 Charakteristika přístroje

Přístroj M021S je vyrobený britskou společností SDL. Toto zařízení slouží k měření propustnosti vzduchu plošných textilií a materiálů s charakterem textilií. Přístroj má oddělené vakuové čerpadlo ovládané pedálem. Pomocí čerpadla se přes vzorek upnutý v čelistech nasává vzduch pomocí vývěvy. Hodnota průtoku vzduchu se měří na stupnici zvoleným průtokoměrem pomocí izolovaných ventilů. Zkušební vzorek se zde upíná do čelisti s dotažením ochranného prstence, který zabrání pronikání vzduchu na okrajích zkoušeného vzorku. Výsledky měření jsou vyjádřeny v milimetrech za sekundu při specifickém tlakovém spádu.



Obr.14 Přístroj M021S



Obr. 15 Měřicí komora s ochranným prstencem

Parametry přístroje:

Průtok vzduchu: 0,05 – 416 ml/s

- Průtokoměr č. 1: 0,05 – 1,0 ml/s
- Průtokoměr č. 2: 0,4 – 5,8 ml/s
- Průtokoměr č. 3: 4 – 40 ml/s
- Průtokoměr č. 4: 40 – 416 ml/s

Doporučená měřicí komora:

- Zkušební plocha: doporučená měřicí komora $20 \text{ cm}^2 \pm 0,5\%$, standardní měřicí komora $508 \pm 1,0 \text{ mm}^2$
- Průměr vstupního otvoru: 50,46 mm
- Zkušební vzorek: možnost volby velikosti vzorku

Rozsah tlakoměrů pro nastavení tlakového spádu: 100 Pa, 500 Pa, 1 kPa, 2 kPa (240 mm vodního sloupce)

Rozměry přístroje: 370x660x600 mm

Hmotnost přístroje: 15 kg

6.1.2 Sestavení přístroje

6.1.2.1 Pokusné měření na přístroji:

Na přístroji, který se nachází na KTM se měření neprovádí. Prvním úkolem bylo seznámení s přístrojem a nastudování jeho návodu. Návod k přístroji je na katedře pouze v anglickém jazyce. Úkolem tedy bylo tento návod přeložit do jazyka českého, aby následně mohl sloužit jako pomůcka i dalším studentům při měření na tomto přístroji. Překlad návodu lze najít v Příloze 1. Na přístroji bylo provedeno pokusné měření, aby se ukázalo jestli je schopen provozu. Náhodně byla vybrána jedna tkanina, které byly připraveny k experimentálnímu měření.

Už na první pohled šlo vidět, že se na přístroji vůbec nepracuje. Tekutina v trubici manometru byla hluboko pod nulou a bylo jí málo. Proto bylo potřeba tuto tekutinu doplnit. I přes všechny tyto nedostatky, proběhlo na přístroji pokusné měření. Přístroj byl opravdu ve špatném stavu neboť při měření ukazovaly výsledek průtoku vzduchu dva

průtokoměry najednou a to i bez otočení ventilu k jejich ovládání. Dále proběhlo ještě pár měření, aby se zjistilo co vše je špatně. Během jedno měření došlo k přetlaku a tím pádem se tekutina dostala do kruhového držáku vzorku. Tím došlo k obarvení tkaniny vodou s inkoustem a tekutina se dostala neznámým způsobem i do jednoho z průtokoměrů.

Proto bylo potřeba celý přístroj kompletně rozmontovat, opravit a seřídít potřebné části, aby dobře držely.

6.1.2.2 Montáž a seřízení přístroje:

Předně se musela odmontovat zadní přístrojová deska. A následně vymontovat jedna trubice průtokoměr, do kterého se dostala obarvená tekutina. Ta se musela vymýt a vysušit, aby mohla být namontována zpět na místo. Do trubice manometru byla pomocí stříčky na vodu přivedena destilovaná voda obarvená inkoustem. Množstvím této tekutiny se při měření reguluje tlakový spád.

Po namontování krytu a utažení všech potřebných závitů a ventilů bylo potřeba přístroj urovnat do vodorovné polohy. Použita k tomu byla vodováha a následné doladění rovnosti se provádělo pomocí polohově stavitelných nožiček. Na správně umístěném a seřazeném přístroji se mohlo začít měřit.

Popis zkoušky:

Nejprve se nastaví tlakový spád na hodnotu „nula“. To se provede otočením černého knoflíku na přístroji vpravo nahoře, nastavením výšky hladiny obarvené tekutiny. Zkontroluje se správnost uzavření a otevření příslušných ventilů, aby nedošlo k poškození přístroje. Ventily „A“ a „C“ musí být plně uzavřeny. Zato ventil „B“ by neměl být nikdy plně uzavřen, používá se totiž na jemné seřizování při měření s příslušným ventilem. Zkoušený vzorek se upne do kruhového držáku vzorku s použitím dostatečného napětí. U přístroje M021S se zkušební vzorek upíná do čelisti s dotažením ochranného prstence, který zabrání pronikání vzduchu na okrajích zkoušeného vzorku. Záleží tedy na tom, jak moc je ochranný prstenec dotažen. Pokud není ochranný prstenec dostatečně dotažen, může pod ním pronikat vzduch a zkreslit tak naměřené hodnoty. Opatrným sešlápnutím nožního spínače se přístroj uvede do provozu a zapne se vakuové čerpadlo. Otočením páčky se otevře průtokoměr s největším rozsahem trubice a to č. 4 a držením sešlápnutého pedálu se nastaví doporučený tlakový spád. Jestliže nevyhovuje

rozsah průtokoměru (plovák se nezvedne), uzavře se tento průtokoměr vrácením páčky do původní polohy a uzavře se ventil. Otevře se průtokoměr s menším rozsahem. Vždy pro dva průtokoměry se používá jedna páčka a to otočením napravo nebo nalevo. Plovák se nechá asi 1 minutu ustálit a odečte se hodnota průtoku vzduchu na průtokoměru. Také při odečítání hodnot na válcovém průtokoměru přístroje může docházet ke zkreslování hodnot. Plováček, který se používá pro odečítání hodnot na stupnici válce, se v proudu vzduchu chvěje. Záleží také, z jakého úhlu jsou hodnoty na průtokoměru odečítány. Správný úhel pohledu, při odečítání, je kolmý. Po zjištění průtoku vzduchu a jeho zaznamenání hodnoty se po sundání nohy s pedálu přístroj automaticky zastaví. Pokud se měří prodyšnost vícekrát na jedné tkanině, pak už je jasné který průtokoměr bude použit, a nemusí se páčka stále vracet do původní polohy, ale může zůstat otočena na straně zvoleného průtokoměru [22].

Ze získaných hodnot se následně vypočítává prodyšnost dle vztahu:

$$R = \frac{\bar{q}_v}{A} 167 \quad (75)$$

kde:

R – prodyšnost [mm/s]

q_v – rychlost průtoku vzduchu [l/min]

A – plocha měřicí čelisti [cm²]

167 – přepočítávací faktor z [l/min] na [mm/s]

6.2 METEFEM FF 12/A

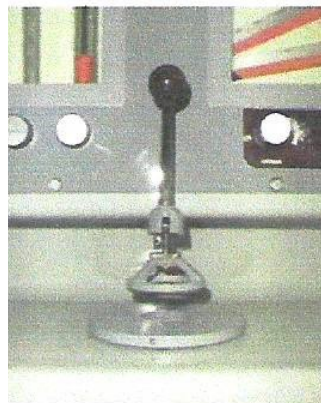
Charakteristika přístroje:

Přístroj je vyroben maďarskou firmou Metrimpex a je již staršího typu. Je vhodný pro měření prodyšnosti plošných textilií a to tkanin a pletenin. Dá se také použít pro měření prodyšnosti impregnovaných materiálů a pro technické materiály. To je dáno možnostmi různého nastavení zkušebních podmínek. Veškeré ovládací a měřicí prvky jsou umístěny na přední části přístrojové desky. Tlakový spád se nastavuje tlakoměrem, jehož výšku určuje vodní sloupec. Ventilátor a sací hlava se nachází na zadní části pod krytem. Na přední části se na sací hlavu umístí tkanina a uchytí se shora sacím košem. Vzduch je nasáván skrz upnutý vzorek textilie. Přístroj má čtyři průtokoměry seřazené podle

rozsahu. Množství prošlého vzduchu v litrech za hodinu se odečítá na průtokoměru podle výšky plováčku.



Obr. 16 Přístroj Metefem



Obr. 17 Přítlačný koš

Parametry přístroje:

Průtok vzduchu: 4 – 8000 l/hod

- Průtokoměr č. 1: 4 – 40 l/hod
- Průtokoměr č. 2: 20 – 200 l/hod
- Průtokoměr č. 3: 120 – 1200 l/hod
- Průtokoměr č. 4: 800 – 8000 l/hod

Rozsah tlakoměrů pro nastavení tlakového spádu: 0 – 1960 Pa

- Tlakoměr č. 1: 0 – 300 Pa
- Tlakoměr č. 2: 300 – 1000 Pa
- Tlakoměr č. 3: 1000 – 1960 Pa

Měřicí plocha: 10, 20, 50, 100 cm²

Rozměry přístroje: 480x735x940 mm

Hmotnost přístroje: 83 kg

Popis zkoušky:

Přístroj se zapne pomocí páčky. Tlakový spád se nastaví na hodnotu „nula“. Principem je prosávání vzduchu ventilátorem přes textilií upnutou v sací hlavě, která je součástí přístroje. Vzorek textilie se umístí na sací hlavu a uchytí se sacím košem. Otevře se ventil rotametrů s největším rozsahem a pomocí knoflíku k ventilu se otáčením nastaví doporučený tlakový spád. Jestliže nevyhovuje rozsah rotametrů (plovák se nezvedne), uzavře se tento ventil a otevře se ventil rotametrů s menším rozsahem. Pomocí otočení ventilu je nastaven doporučený tlakový spád. Vytvořený tlakový rozdíl mezi oběma stranami textilie je ukazován na manometru. Plovák se nechá ustálit a odečte se hodnota průtoku vzduchu. Rotametr ukazuje kolik litrů vzduchu za hodinu projde přes upínací plochu zkoušené textilie při tlakovém spádu nastaveném na manometru [21]. Po odečtení prošlého vzduchu na rotametrů se provede přepočet na prodyšnost dle vztahu:

$$R = \frac{\bar{q}_v}{A} 167 \quad (76)$$

kde:

R – prodyšnost [mm/s]

\bar{q}_v – rychlost průtoku vzduchu [l/min]

A – plocha měřicí čelisti [cm²]

167 – přepočítávací faktor z [l/min] na [mm/s]

6.3 Přístroj TEXTTEST FX 3300

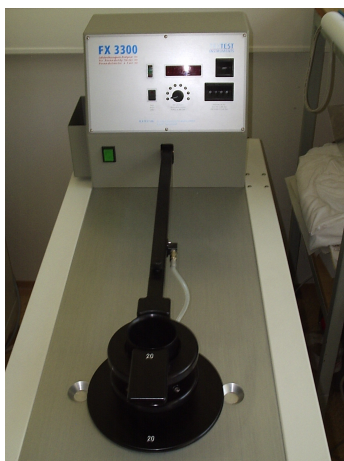
Charakteristika přístroje:

Přístroj FX 3300 je výrobkem švýcarské firmy Textest Instruments. Slouží k přesnému, rychlému a jednoduchému určení prodyšnosti plošných textilií. Je vhodný jak pro laboratorní měření, tak na testování už přímo hotových výrobků. Rozsah přístroje je natolik široký, že umožňuje měřit prodyšnost veškerých druhů textilních materiálů, od hustě dostavených tkanin až po extrémně prodyšné materiály.

Měřená textilie nebo oděv se vkládají do přístroje vcelku. Není potřeba oddělovat vzorek se speciálními rozměry. Je automatizovaný a digitalizovaný a vysoce výkonný. Má vyměnitelnou upínací hlavu pro vymezení měřicí oblasti o různých velikostech. Předem se zde nastavuje tlakový spád a výsledná jednotka, která zobrazuje množství prošlého

vzduchu skrz vzorek. Měřené vzorky jsou do upínací čelisti upínány vždy stejnou silou. Výsledek měření se zobrazuje na digitálním displeji umístěném na ovládacím panelu. Naměřené hodnoty mají garantovanou přesnost $\pm 3 \%$.

Přístroj je dodáván spolu s referenčním materiálem (kovová destička s definovanými otvory), který slouží ke kontrole přesnosti měření. Přístroj komunikuje s počítačem přes rozhraní RS 232, kde výsledky zpracovává a následně je vyhodnocuje.



Obr. 18 Přístroj FX 3300



Obr. 19 Přítlačná hlavice

Parametry přístroje:

Průtok vzduchu: v rozsahu 1 – 100000 mm/s v závislosti na měřené ploše

Rozsah tlaku: 98 – 2500 Pa

Měřicí plocha: 5 – 100 cm²

Rozměry přístroje: 121x92x106 cm

Výška pracovní plochy: 77,5 cm

Hmotnost: 60/80 kg

Popis zkoušky:

Zkouška se provádí na vzorcích rozložených rovnoměrně po úhlopříčce, nejméně však 10 cm od okraje tkaniny. Velikost vzorku musí být větší než je upínací plocha přístroje. Zvolí se požadovaný tlakový spád a jednotky, ve kterých se bude průtok vzduchu zobrazovat, podle normy pro danou textilii. Zkoušený vzorek materiálu se položí na měřenou oblast. Bez napětí a deformace se upne pomocí upínací hlavy, která je na rameni přístroje, přitlačením směrem dolů na podložku se vzorkem. V tom okamžiku dojde k zapnutí ventilátor a textilií prochází vzduchu.

Rozdíl tlaku uvnitř a vně přístroje je monitorován senzory a je automaticky udržován na požadované hodnotě. Tím se také automaticky udržuje požadovaný tlakový spád na konstantní hodnotě. Při měření je možné volit z více rozsahů průtokoměru. Správné nastavení průtoku a vzduchu je vizuálně kontrolováno obsluhou pomocí kontrolky (řady světel od žlutou po červenou) na digitálním displeji. Správný průtok je snadno rozpoznatelný podle středu kontrolky v zelené barvě.

Hodnota průtoku vzduchu se po ustálení odečte na displeji. Tato hodnota se zaznamená, uvolní se rameno s hlavicí a může se vložit nový vzorek k dalšímu měření.

K výpočtu prodyšnosti se používá stejný vzorec jako tomu bylo u předchozích přístrojů [23].

7. Experimentální měření prodyšnosti tkanin na přístrojích

Pro měření prodyšnosti bylo náhodně vybráno 13 druhů tkanin a to jak oděvních tak i jedna technická. Samostatné měření prodyšnosti probíhalo dle normy ČSN EN ISO 9237.

7.1 Měření prodyšnosti na přístroji Metefem

Na tomto přístroji bylo proměřeno všech 13 druhů tkanin, které byly vybrány k experimentu. Tento výběr nepodléhal žádným požadavkům na tkaninu a tak byl výběr náhodný. Měření prodyšnosti na přístroji Metefem bylo prováděno v laboratořích KTM při podmínkách blízkých standardním klimatickým podmínkám, tj. teplotě $20 \pm 2^\circ \text{C}$ a relativní vlhkosti $65 \pm 2 \%$. Provedeno bylo 50 měření u každého typu tkaniny. Přesný postup měření na tomto přístroji je uveden v předchozí kapitole 6.2. Přístroj ukazuje průtok vzduchu v l/hod. Pro výpočet prodyšnosti se musí získané hodnoty průtoku vzduchu převést na jednotky l/min. Průměrná hodnota z naměřených dat se následně dosadí do vzorce pro výpočet prodyšnosti. Velikost zkoušené plochy byla 20 cm^2 a použitý tlakový spád 100 Pa. Výsledky prodyšnosti tkanin jsou uvedeny v tabulce 1, a graficky znázorněny na obrázku 20, naměřené hodnoty jsou pak v Příloze 3.

Z naměřených hodnot pro jednotlivé vzorky byla spočtena průměrná hodnota \bar{x} :

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (77)$$

kde x_i je naměřená hodnota a n počet měření, rozptyl s^2 :

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad (78)$$

směrodatná odchylka s :

$$s = \sqrt{s^2} \quad (79)$$

a variační koeficient v :

$$v = \frac{s}{\bar{x}} 10^2 \quad (80)$$

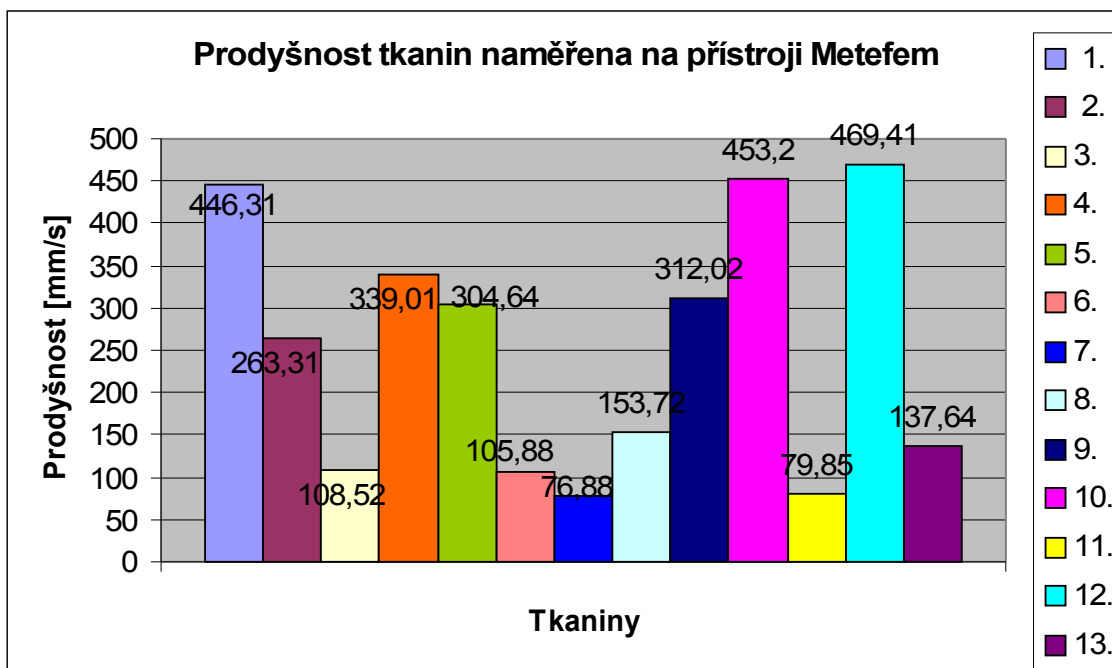
Dále byl určen interval spolehlivosti

$$IS_H = \bar{x} + 1,96 \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (81)$$

$$IS_D = \bar{x} - 1,96 \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (82)$$

Tab. 1 Hodnoty statistického zpracování prodyšnosti na přístroji Metefem

50						
měření	100 Pa					
Tkanina	Průměrná hodnota [l/min]	Směrodatná odchylka	Variační koeficient [%]	Horní hranice IS	Dolní hranice IS	Prodyšnost [mm/s]
1.	53,45	2,83	5,3	54,24	52,67	446,31
2.	31,53	2,17	6,89	32,14	30,93	263,31
3.	13	1,04	8	13,28	12,71	108,52
4.	40,6	1,97	4,85	41,15	40,05	339,01
5.	36,48	2,71	7,42	37,23	35,73	304,64
6.	12,68	0,7	5,51	12,87	12,49	105,88
7.	9,21	0,75	8,13	9,41	9	76,88
8.	18,41	1,01	5,5	18,69	18,13	153,72
9.	37,37	4,61	12,34	38,65	36,09	312,02
10.	54,28	3,91	7,21	55,36	53,19	453,2
11.	9,56	1,65	17,24	10,02	9,11	79,85
12.	56,22	4,77	8,49	57,54	54,89	469,41
13.	16,48	1,11	6,72	16,79	16,18	137,64



Obr. 20 Graf prodyšnosti textilií

Z těchto 13 tkaniny byly následně vybrány ty jejichž naměřená prodyšnost odpovídala hodnotám, které je možno naměřit na přístroji M021S. Následně bylo na přístroji doměřeno ještě dalších 100 měření, pro získání více hodnot průtoku vzduchu. Toto doměřování probíhalo již v jinou dobu než první měření. Proto už z prvního porovnání výsledků z předchozího měření bylo jasné, že přístroj není zcela v pořádku. Po každém doměření se musela hlídat hodnota tlakového spádu. Ne vždy se totiž vrátila do původní polohy na hodnotu „nula“. Proto musela být ručně upravena pomocí otočného knoflíku. I přes tento dostatek proběhlo doměřování zbývajících hodnot.

Tab. 2 statistické hodnoty prodyšnosti tkanin na přístroji Metefem

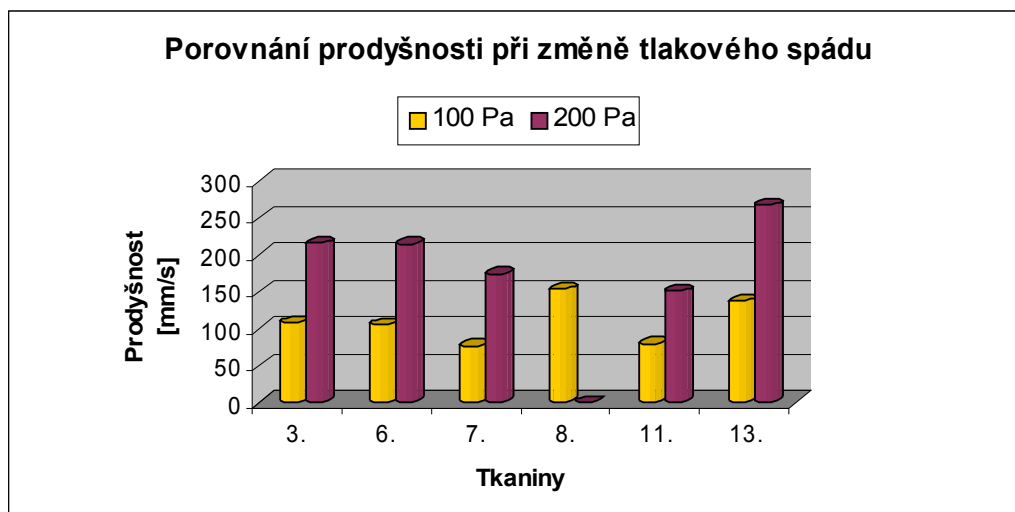
Tlakový spád	100 Pa (150 měření)					
Tkanina	3.	6.	7.	8.	11.	13.
Prům. hodnota [l/min]	14,59	13,97	10,72	20,45	10,22	18,07
Směrodatná odchylka	1,47	1,25	1,55	1,88	1,72	1,69
Rozptyl	2,153	1,560	2,415	3,539	2,975	2,855
Variační koeficient [%]	10,06	8,94	14,49	9,2	16,88	9,35
Horní hranice IS	14,83	14,17	10,97	20,75	10,5	18,34
Dolní hranice IS	14,36	13,47	10,47	20,14	9,94	17,8
Prodyšnost [mm/s]	121,86	116,68	89,53	170,72	85,33	150,89

Následně bylo ještě přistoupeno k možnosti měřit při jiném nastaveném tlakovém spádu než je 100 Pa. Nově nastavená hodnota tlaku činila 200 Pa. Za těchto podmínek bylo provedeno 50 měření. Výsledky jsou v tabulce 3. U tkaniny 8 nebylo možno tuto prodyšnost změřit. Plováček na průtokoměru stoupal výš než je možný rozsah měření na tomto přístroji.

Tab. 3 Statistické hodnoty prodyšnosti při tlaku 200 Pa na přístroji Metefem

Tlakový spád	200 Pa (50 měření)					
Tkanina	3.	6.	7.	8.	11.	13.
Prům. hodnota [l/min]	25,82	25,75	20,9	-	18,05	32
Směrodatná odchylka	1,21	1,27	2,18	-	2,90	1,98
Rozptyl	1,461	1,624	4,757	-	8,437	3,914
Variační koeficient [%]	4,68	4,95	10,43	-	16,09	6,18
Horní hranice IS	26,15	26,11	21,51	-	18,85	32,55
Dolní hranice IS	25,49	25,4	20,3	-	17,24	31,46
Prodyšnost [mm/s]	215,57	215,02	174,52	-	150,7	267,2

Porovnání hodnot prodyšnosti při nastaveném rozdílném tlaku spádu je možno vidět na obrázku 21. Už na první pohled je zde vidět že při zvýšení tlakového spádu ze 100 Pa na 200 Pa se zvýší průtok vzduchu takřka dvojnásobně.



Obr. 21 Graf porovnání prodyšnosti při změně tlaků

7.2 Měření prodyšnosti na přístroji M021S

Pro měření na přístroji M021S byly vybrány ty tkaniny, jejichž hodnota prodyšnosti, získaná z měření na přístroji Metefem, mohla odpovídat rozsahu tohoto přístroje, t.j. tkaniny s prodyšností do 208 mm/s při tlakovém spádu 100 Pa. Tuto skutečnost vykazovalo 6 vzorků tkanin. Na těchto tkaninách byl proveden jejich rozbor. Zkoumané vlastnosti a jejich výsledky jsou uvedeny v tabulce 4. Rozbor tkanin probíhal v laboratořích KTM. Bylo použito toto zařízení: digitální váhy, tloušťkoměr, mikroskop a další pomůcky jako je pravítko, jehla, tužka atd. k rozboru tkanin. Získané hodnoty a vzorky kalibračních tkanin jsou v Příloze 2.

Tab. 4 Výsledné vlastnosti tkanin

Vzorek	3.	6.	7.	8.	11.	13.
Tloušťka [mm]	0,634	0,482	0,35	1,75	1,328	0,586
Plošná měrná hmotnost [kg/m²]	0,2853	0,2233	0,1926	0,5335	0,4785	0,2783
Objemová měrná hmotnost [kg/m³]	450	463,28	550,29	304,86	360,32	474,91
Materiálové složení	55 %PES + 45 %WO	100%CO	100%W O	55 %PES + 45 %WO	100 %JU	55 %PES + 45 %WO
Pórovitost [%]	66,67	69,52	57,99	77,52	74,63	64,98
Dostava osnovy [nití/1 cm]	300	390	360	220	260	270
Dostava útku [nití/1 cm]	260	230	230	140	80	250
Setkání osnovy [%]	8	7	5	12	4	5
Setkání útku [%]	11	12	13	20	2	8
Stupeň setkání osnovy	1,08	1,07	1,05	1,12	1,04	1,05
Stupeň setkání útku	1,11	1,12	1,13	1,20	1,02	1,08
Procento setkání osnovy [%]	7,4	6,5	4,8	10,7	3,8	4,8
Procento setkání útku [%]	9,9	10,7	11,5	16,7	2	7,4
Vazba	kepr	kepr	kepr	kepr	plátno	kepr

Rozsah měření toho přístroje je jiný než u předchozího typu Jeho nejnižší naměřená hodnota průtoku vzduchu může být od 0,05 ml/s a nejvyšší možná získaná hodnota pak 416 ml/s. Přístroj M021S ukazuje průtok vzduchu v ml/s, na rozdíl od přístroje Metefem, na kterém lze získaný průtok dostat v jednotkách l/hod.

Následně bylo provedeno nové měření na těchto vybraných kalibračních tkaninách. A to 150 měření u každého vzorku při tlakovém spádu 100 Pa. Pak ještě bylo přistoupeno k možnosti měřit prodyšnost při tlakovém spádu 200 Pa.

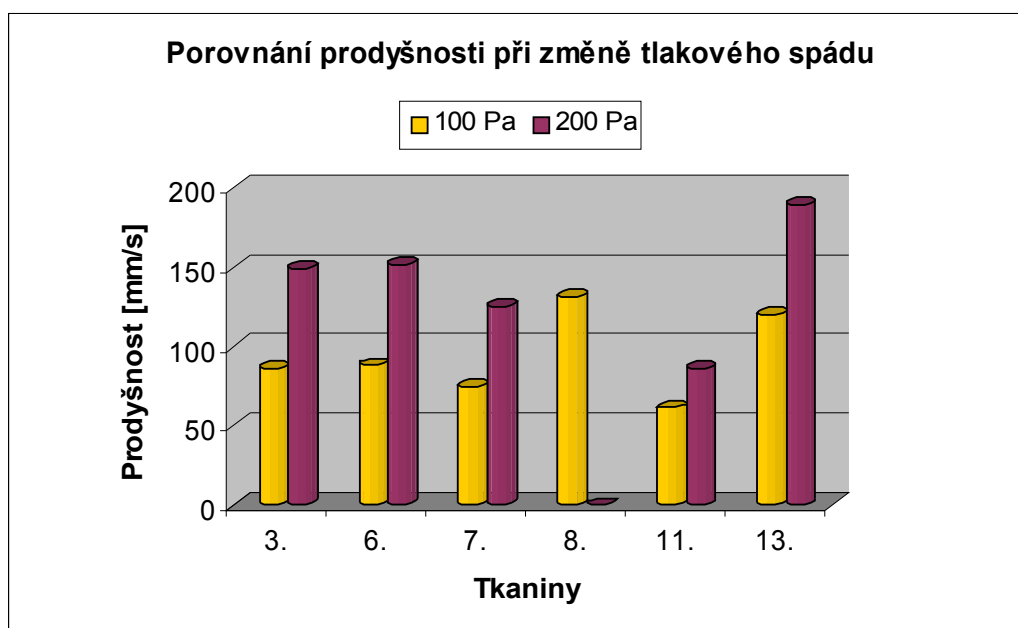
Tab. 5 Statistické hodnoty prodyšnosti tkanin na přístroji M021S

Tlakový spád	100 Pa (150 měření)					
Tkanina	3.	6.	7.	8.	11.	13.
Prům. hodnota [l/min]	10,55	10,67	8,96	16	6,66	14,27
Směrodatná odchylka	0,82	0,6	1,23	0,74	1,87	1,02
Rozptyl	0,674	0,36	1,517	0,542	3,494	1,040
Variační koeficient [%]	7,78	5,58	13,74	4,6	28,07	7,13
Horní hranice IS	10,68	10,77	9,16	16,12	6,96	14,44
Dolní hranice IS	10,42	10,57	8,77	15,89	6,36	14,11
Prodyšnost [mm/s]	88,08	89,1	74,85	133,63	55,61	119,19

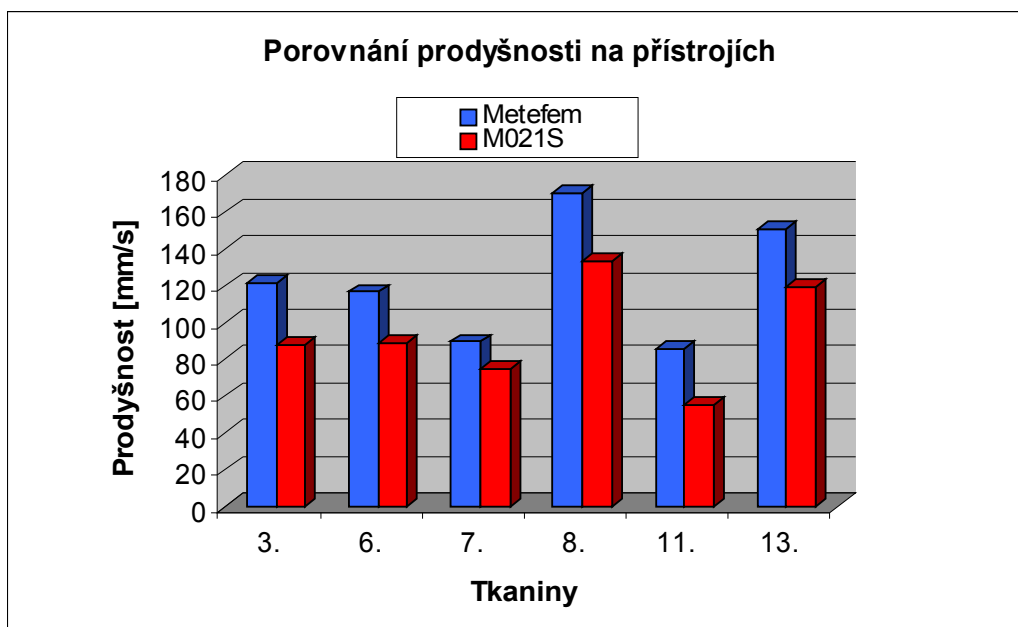
Tab. 6 Statistické hodnoty prodyšnosti při 200 Pa na přístroji M021S

Tlakový spád	200 Pa (50 měření)					
Tkanina	3.	6.	7.	8.	11.	13.
Prům. hodnota [l/min]	17,88	18,2	14,97	-	10,31	22,64
Směrodatná odchylka	0,75	0,87	1,84	-	2	0,79
Rozptyl	0,567	0,763	3,377	-	4	0,626
Variační koeficient [%]	4,21	4,8	12,28	-	19,38	3,5
Horní hranice IS	18,09	18,44	15,48	-	10,87	22,86
Dolní hranice IS	17,67	17,96	14,46	-	9,76	22,42
Prodyšnost [mm/s]	149,31	151,95	125	-	86,12	189,03

Na obrázku 22 je možné vidět porovnání prodyšnosti tkanin při různé hodnotě tlakového spádu. Obrázek 23 pak ukazuje porovnání prodyšnosti naměřenou na obou přístrojích při stejných podmínkách.



Obr. 22 Graf porovnání prodyšnosti při změně tlaků



Obr. 23 Graf porovnání výsledků prodyšnosti na přístrojích

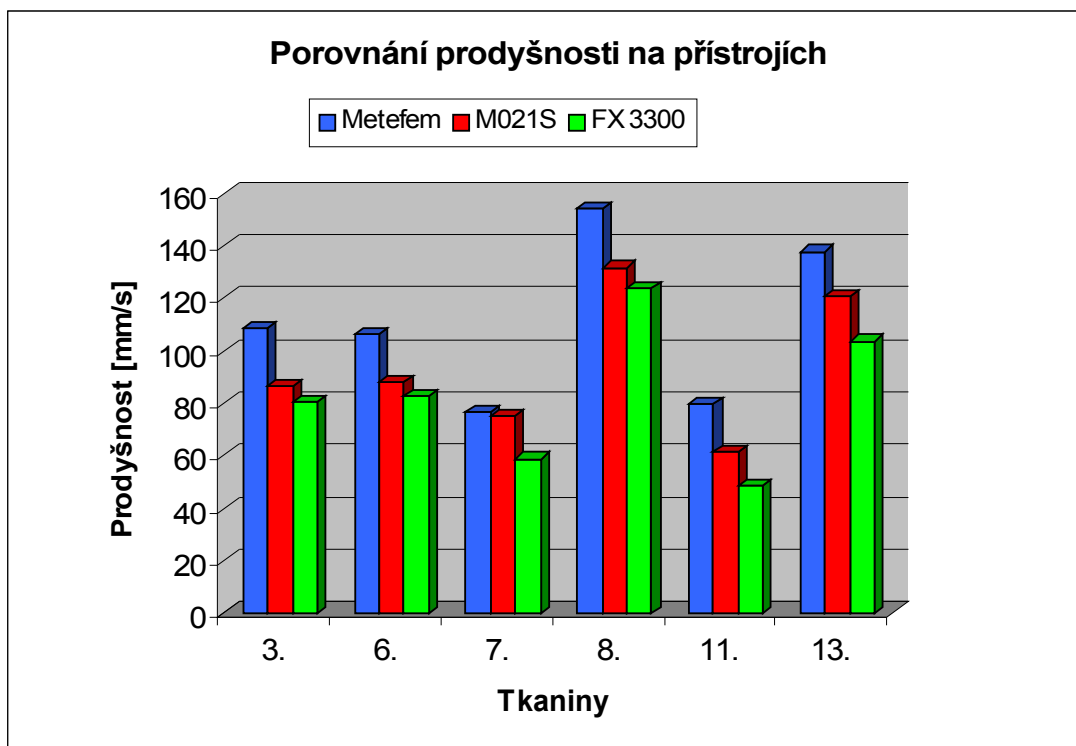
7.3 Měření prodyšnosti na přístroji FX 3300

O měření na tomto přístroji bylo rozhodnuto z důvodu rozdílných hodnot prodyšnosti materiálů, získaných z měření na přístroji Metefem a M021S. A aby mohlo dojít k následnému porovnání přesnosti měření přístrojů a určení přesné prodyšnosti kalibračních tkanin. Měření bylo prováděno na 6-ti vybraných kalibračních tkaninách. Tento přístroj se nachází na KHT. Patří mezi novější přístroje a tak by jeho výsledky měření měly být nejvěrohodnější. Měření spočívá ve vložení vzorku pod upínací rameno. Stlačením ramene se přístroj spustí a během několika vteřin zobrazí výsledek měření na digitálním displeji v předem vybraných jednotkách. V tomto případě byly vzorky měřeny v jednotkách mm/s a nastavený tlakový spád 100 Pa, tak jak je běžně měřeno. Dále měření probíhalo podle postupu, jak je uvedeno výše v postupu měření na přístroji v kapitole 6.3. Naměřené hodnoty rychlosti průtoku vzduchu a převody jednotek jsou pak uvedeny v Příloze 3. Výsledky tohoto měření jsou v tabulce 7.

Tab. 7 statistické hodnoty prodyšnosti tkanin na přístroji FX 3300

Tlakový spád	200 Pa (50 měření)					
Tkanina	3.	6.	7.	8.	11.	13.
Prům. hodnota [l/min]	9,6	9,9	7,05	14,81	5,85	12,41
Směrodatná odchylka	0,33	0,30	0,45	0,36	0,96	0,63
Rozptyl	0,110	0,091	0,202	0,129	0,912	0,394
Variační koeficient [%]	3,45	3,05	6,39	2,42	16,34	5,06
Horní hranice IS	9,81	10,09	7,32	15,03	6,44	12,79
Dolní hranice IS	9,4	9,71	6,77	14,59	5,25	12,02
Prodyšnost [mm/s]	80,19	82,68	58,83	123,65	48,81	103,59

Následně bylo provedeno grafické porovnání výsledků s předchozími přístroji. Na obrázku 24 je vidět, že se dají srovnat měření na přístroji M021S s měřeními na FX 3300. Oproti tomu výsledky prodyšnosti na přístroji Metefem, jsou o dost vzdáleny od obou přístrojů. Protože přístroj FX 3300 je akreditován pro zkušební laboratoř, pro ověření spolehlivosti měření přístroje M021S se jako kalibrační hodnoty použili data z tohoto přístroje.



Obr. 24 Graf porovnání výsledků prodyšnosti na přístrojích

7.4 Ověření správnosti měření na přístroji M021S

Po analýze výsledků, získaných na přístrojích Metefem, FX 3300 a M021S, byla pro ověření správnosti měření na přístroji M021S naměřená data porovnána s daty, získanými z přístroje FX 3300. Pro srovnávací analýzu byl použit test shody dvou středních hodnot, kterému předcházela test shody rozptylů dvou souborů naměřených dat (dvoupárametrový F–test) [27].

Pomocí F -testu zjistíme, zda se rozptyly obou souborů statisticky významně neliší (tj. přístroje mají obdobnou přesnost – nulová hypotéza: $H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$).

Nejprve vypočteme výběrové rozptyly s_1^2 a s_2^2 :

$$s_1^2 = \frac{\sum x_i^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{n_1}}{n_1 - 1} \quad (83)$$

$$s_2^2 = \frac{\sum x_i^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{n_2}}{n_2 - 1} \quad (84)$$

Poté stanovíme počet stupňů volnosti u obou výběrů: $\nu_1 = n_1 - 1$ (pro s_1^2) a $\nu_2 = n_2 - 1$ (pro s_2^2) a vypočteme testovací kritérium (statistiku) F :

$$F = \frac{s_1^2}{s_2^2} \quad (85)$$

Dále zvolíme hladinu významnosti α a ve statistických tabulkách vyhledáme odpovídající kritickou hodnotu pro F -test ($1 - \alpha/2$ kvantil F -rozdělení o (ν_1, ν_2) stupních volnosti).

$$F_{krit.} = F_{1-\alpha/2}(\nu_1, \nu_2)$$

Vypočtenou statistiku F porovnáme s tabulkovou kritickou hodnotou:

$$\bullet \quad \text{Jestliže } F \in \left(0; \frac{1}{F_{krit.}}\right) \cup (F_{krit.}; \infty) \quad (86)$$

\Rightarrow zamítáme nulovou hypotézu $H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$.

Tab. 8 Test shody rozptylů dvou souborů dat naměřených na přístrojích M021S a FX 3300

Tkanina	3.	6.	7.	8.	11.	13.
Přístroj M021S	$n_1 = 150$					
Průměrná rychlost průtoku vzduchu q_v [l/min]	10,55	10,67	8,96	16	6,66	14,27
Rozptyl rychlosti průtoku vzduchu	0,674	0,36	1,517	0,542	3,494	1,040
Přístroj FX 3300	$n_2 = 10$					
Průměrná rychlost průtoku vzduchu q_v [l/min]	9,6	9,9	7,05	14,81	5,85	12,41
Rozptyl rychlosti průtoku vzduchu	0,110	0,091	0,202	0,129	0,912	0,394
$F_{krit.} = 2,22, \alpha = 0,5; F$	6,127	3,956	7,510	4,202	3,831	2,639
$(0; 0,295) \cup (2,22; \infty)$	zamítáme hypotézu H_0					

Vzhledem k tomu, že v testu shody rozptylů byly pro všechny soubory dat stanoveny rozdílné rozptyly (zamítly jsme H_0) pro test shody dvou středních hodnot stanoven následující postup $\Rightarrow H_0: \mu_1 = \mu_2$ (střední hodnoty souborů dat jsou shodné)

Testovací kritérium:

$$g = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}} \quad (87)$$

Kritická hodnota:

$$k = \frac{\left(\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}\right)^2}{\frac{1}{n_1 - 1} \left(\frac{s_1^2}{n_1}\right)^2 + \frac{1}{n_2 - 1} \left(\frac{s_2^2}{n_2}\right)^2} \quad (88)$$

Kritický obor pro data s rozdílnými rozptyly:

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \quad g \in (-\infty; -t_{1-\alpha/2}(k)) \cup (t_{1-\alpha/2}(k); \infty)$$

Tab. 9 Test shody středních hodnot souborů dat naměřených na přístrojích M021S a FX 3300

Tkanina	3.	6.	7.	8.	11.	13.
Testovací kritérium g	1,459	1,871	1,370	1,977	1,996	1,233
Kritická hodnota k	16	32	13	29	34	84
Kritický obor pro $\alpha=0,05$	$(-\infty; -2,12)$ $(2,12; \infty)$	$(-\infty; -2,04)$ $(2,04; \infty)$	$(-\infty; -2,16)$ $(2,16; \infty)$	$(-\infty; -2,05)$ $(2,05; \infty)$	$(-\infty; -2,03)$ $(2,03; \infty)$	$(-\infty; -1,99)$ $(1,99; \infty)$
H_0	-	-	-	-	-	-

Na základě výsledků testu středních hodnot souborů bylo měření na přístroji M021S vyhodnoceno jako správné a přístroj byl doporučen pro měření prodyšnosti vybraných typů textilií v laboratoři KTM.

ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo zprovoznění přístroje M021S pro měření prodyšnosti plošných textilií v laboratoři Katedry textilních materiálů. Měření prodyšnosti textilií dosud probíhalo pouze na přístroji Metefem, který je kouskem takřka archivním, i přes to, že byl pořízen nový přístroj M021S. Bohužel dosavadní měření na tomto přístroji končila vždy závěrem, že je tento přístroj nevhodný pro měření prodyšnosti klasických textilních materiálů, protože jeho rozsah není dostačující pro klasické textilie. S rozvojem nových textilních materiálů se sníženou prodyšností se ovšem otázka zprovoznění tohoto přístroje stala opět aktuální. Testovací měření vybraných vzorků ukázala, že přístroj je schopen měření prodyšnosti vybraných typů textilních materiálů.

V experimentální části byla hodnocena spolehlivost tohoto přístroje měřením prodyšnosti vybraných textilních vzorků na různých typech přístrojů. Všechna měření probíhala za stejných podmínek předepsaných normou. Při prvním měření uskutečněném na přístroji Metefem bylo proměřeno 13 druhů tkanin. Ze získaných výsledků byly vybrány ty tkaniny, jejichž prodyšnost by byl schopen naměřit přístroj M021S.

Po seřízení a nastavení přístroje M021S se provedl pokus měření na vybraných kalibračních tkaninách, jejichž hodnoty prodyšnosti odpovídaly rozsahu přístroje. Nově seřízený přístroj umožňuje měřit prodyšnost textilií v rozmezí 0,02505 – 208,416 mm/s, takže umožňuje měřit některé oděvní i technické textilie. Vzhledem k tomu, že hodnoty prodyšnosti kalibračních vzorků, získané z měření těchto dvou přístrojů, se výrazně lišily bylo přistoupeno k měření prodyšnosti ještě na přístroji FX 3300. Tento přístroj je novějšího typu a dalo se předpokládat, že výsledky by mohli být přesnější. Získané výsledky vykazovaly dobrou shodu výsledků z přístrojů M021S a FX 3300.

Měření prokázala, že na přístroji M021S je možno běžně měřit prodyšnost textilií jak oděvních, tak technických. Výjimku tvoří tkaniny s řídkou dostavou. Pro laboratoř byl dále vytvořen etalon textilních materiálů (Příloha 2), které je možné na tomto přístroji měřit a připraven český návod pro měření na tomto přístroji (Příloha 1).

Literatura

- [1] Staněk J., Nauka o textilních materiálech. sv. 1., Část 4., Vlastnosti délkových a plošných textilií, Vysoká škola strojní a textilní, Liberec 1988.
- [2] Kovačič V., Textilní zkušebnictví, Díl 2., TUL, Liberec 2004, ISBN 80-7083-824-8.
- [3] Růžicková D., Oděvní materiály, TUL, Liberec 2003, ISBN 80-7083-682-2.
- [4] Neckář B., Dvanáct přednášek z textilního inženýrství pro netextilní odborníky, TU v Liberci, 1998, ISBN 80-7083-319-X.
- [5] Dostálová M., Křivánková M., Základy textilní a oděvní výroby, TUL, Liberec 2004, ISBN 80-7083-831-0.
- [6] Neckář B., Příze: Tvorba, struktura, vlastnosti, Státní nakladatelství technické literatury, Praha 1990.
- [7] Kovačič V., Textilní zkušebnictví, Díl 1., TUL, Liberec 2004, ISBN 80-7083-825-6.
- [8] Staněk J., Hynčicová J., Kovačič V., Nauka o textilních materiálech. sv. 1, Část 2., Struktura získávání a výroba vláken, Vysoká škola strojní a textilní, Liberec 1986.
- [9] Kryštůfek J., Machaňová D., Odvárka J., Prášil M., Technologie zušlechťování, TUL, Liberec 2002, ISBN 80-7083-560-5.
- [10] Neckář B., Morfologie a strukturní mechanika obecných vlákenných útvarů, TUL, Liberec 2001, ISBN 80-7083-473-0.
- [11] Pecháček F., Jankovský J., Zkoušení textilií, SNTL - Nakladatelství technické literatury, Praha 1980.
- [12] ČSN EN ISO 9237 Textilie – Zjišťování prodyšnosti plošných textilií.
- [13] Drašarová J., Přednášky z předmětu Vysocefunkční textilie, Katedra textilních materiálů, Liberec 2008.
- [14] Havrdová M., Příspěvek k hodnocení prodyšnosti oděvních tkanin, Disertační práce, TUL, Liberec 2004.
- [15] Bezpečnost a ochrana zdraví při práci [online][cit.2010-11-16]
Dostupné na internetu: <<http://www.bzp.cz/docs/zatez1.htm>>.
- [16] Glombíková V., Fyziologické vlastnosti textilií, TUL, Liberec 2007.

- [17] Militký J., Havrdová M., Porosity and permeability of composite clean room textiles, 3rd International conference: Innovation and modeling of clothing engineering process, TU v Liberci 2000.
- [18] Kovář R., Struktura a vlastnosti plošných textilií, TUL, Liberec 2003, ISBN 80-7083- 676-8.
- [19] Goojier H., Flow resistance of textile materials, Thesis UT Enschede 1998, ISBN 90-36511240.
- [20] Havrdová M., Hodnocení prodyšnosti plošných tkanin, Zpráva o řešení VCT za rok 2003./SRN TUL-VRT/B-PST/TZ-03/4/CZ-CZ.
- [21] Návod na použití přístroje METEFEM , TU v Liberci, KTM.
- [22] Návod na použití přístroje M021S, TU v Liberci, KTM.
- [23] Návod na použití přístroje FX 3300, TU v Liberci, KHT.
- [24] Komárková P., Štalmachová J., Prediction of fabric permeability using neural network, STRUTEX 2008, TU v Liberci.
- [25] Havlová M., Hodnocení prodyšnosti směsových tkanin s plátnovou vazbou, Výzkumná práce pro VCT II. za rok 2010.
- [26] Glombíková V., Kůs Z., Halasová A., Usage of artificial neural networks for prediction of fabric drape, STRUTEX 2005, TU v Liberci.
- [27] Meloun, M., Militký, J.: STATISTICKÁ ANALÝZA EXPERIMENTÁLNÍCH DAT. Rozšířené a přepracované vydání ACADEMIA Praha 2004, 980 stran, ISBN 80-200-1254-0.

Příloha 1

Návod na použití přístroje M021S pro měření
prodyšnosti textilií

- česky -

OBSAH

	STRANA
SEZNAM DODÁVANÝCH SOUČÁSTÍ	3
VYBALENÍ	3
MONTÁŽ	3
POPIS PŘÍSTROJE	4
TESTOVÁNÍ	4
VÝPOČET A VYJÁDŘENÍ VÝSLEDKŮ	5
ÚDRŽBA	6
SPECIFIKACE PŘÍSTROJE	6
ROZMĚRY A VÁHA PŘÍSTROJE	7
SEZNAM NOREM A – BS 5636:1990	8
SEZNAM NOREM B – EN ISO 9237	10

1. Seznam dodávaných součástí

Přístroj na měření prodyšnosti

Vakuové čerpadlo

Nožní spínač a kabel

Měřicí komora k EN ISO 9237:1995

Měřicí komora k BS 5636:1990

Hadice k vakuovému čerpadlu

2. Vybalení

1. Odstraňte všechny obalový materiál a zjistěte zda není přístroj poničen.
 2. DŮLEŽITÉ – Prosím pořádně zkontrolujte všechny obaly před vybalením.
 3. Ihned informujte dodavatele o případném poškození.
- Zkontrolujte všechny dodané části podle přiloženého seznamu dodávaných součástí.

3. Montáž

1. Umístěte přístroj na vodorovnou podložku a vyvažte pomocí polohově stavitelných nožiček podle lihového ukazatele na vodováze.
2. Připojte vakuové čerpadlo k přístroji pomocí ohebné hadice dodávané s přístrojem.
3. Naplňte trubici manometru k rysce označené nula destilovanou vodou obarvenou inkoustem. (Použijte stříčku na vodu a naplňte manometr po odmontování šedého víčka).
4. Připojte vakuové čerpadlo do sítě se základním napětím a použijte vhodnou zástrčku jak je popsáno:

HNĚDÁ – FÁZE MODRÁ – NULA ZELENÁ/ŽLUTÁ – UZEMNĚNÍ

Pokud je zástrčka vybavena pojistkou použijte 5 amp pojistku.

Prověřte, zda napětí uvedené na vakuovém čerpadlu odpovídá základnímu napětí zdroje. 220/240 V – 50 Hz nebo 110/120 V – 60 Hz

4. Popis přístroje

Přístroj měří prodyšnost plošných textilií nasáváním vzduchu skrz vzorek pomocí vakuového čerpadla. Hodnota nasávaného vzduchu je měřena vybraným průtokoměrem (1 ze 4), proti poklesu tlaku, který je indikován na manometru. **Výsledky zkoušky jsou normálně vyjádřeny jako prodyšnost v ml/cm²/s při specifikovaném tlaku.**

Přístroj má začleněny 4 průtokoměry, které pokrývají rozsah průtoku vzduchu od 0,05 ml/s do 416 ml/s. Průtokoměry lze vybrat vypínači na předním panelu přístroje. Ventily regulují průtok vzduchu skrz vzorek a vybraný průtokoměr. Odečtení hodnoty průtoku lze přečíst, pokud manometr indikuje vybraný pokles tlaku.

Přílohy A a B upozorňují na normy, které lze aplikovat na tomto přístroji.

Vakuové čerpadlo je dodáváno odděleně a je připojeno k přístroji pomocí hadice.

5. Zkouška

1. **Příprava vzorků** – Podmínky tkanin pro testování a klimatizaci jsou popsány v BS1051, t.j. relativní vlhkost $65 \pm 2\%$ a teplota $20 \pm 2^\circ\text{C}$.

Vyberete plochu vzorku, která dobře představuje daný vzorek textilie, ale vyhněte se okraji a plochám, které nejsou vhodné pro daný vzorek textilie.

Vložte textilií lícem ke vstupnímu otvoru, mezi vrchní část měřicí komory a svorku a pevně sešroubujte dolů rýhované víko, čímž zamezíte unikání vzduchu na okrajích textilie. Pokud se objeví únik vzduchu je to výsledek slabého uzavření okolí testované plochy a znamená to, že odečítaná hodnota je zkreslená.

Proveďte pět měření na vybrané ploše a pokud je nutné opakujte měření po rubové straně.

2. Ujistěte se zda ventily “A“ a “C“ jsou **úplně** uzavřeny.

Ventil “B“ je měřicí ventil používaný ve spojení s ventilem “A“ pro jemné seřizování a neměl by být nikdy plně uzavřen.

3. Prověřte, že manometr je nastaven na nule, pokud je to nutné nastavte ho použitím černého knoflíku vpravo nahoře, abyste dosáhli snížení nebo zvýšení hladiny.

4. Umístěte vzorek jak bylo popsáno dříve.

5. Použitím nožního spínače zapněte vakuové čerpadlo.

6.1. Použitím průtokoměru vyberte trubici č. 4.

6.2. Postupně otevírejte ventil "C" dokud tlak nedosáhne požadované hodnoty na manometru.

6.3. Pokud se plovák průtokoměru nepohnul uzavřete ventil "C".

6.4. Vyberte průtokoměr č. 3 a opakujte jako 6.2. Pokud se opět bude zdát, že se plovák nehýbe uzavřete opět ventil "C".

6.5. Vyberte průtokoměr č. 2.

6.6. Postupně otevírejte ventil "A" dokud požadovaný tlakový spád v manometru nedosáhne požadované hodnoty. **Ventil "B" je používán spolu s ventilem "A" pro jemná nastavení a nikdy není plně uzavřen.**

6.7. Pokud v bodě 6.3. a 6.4. nedojde ke zvednutí plováku v průtokoměru zavřete ventil "A". Zapněte průtokoměr 1 a opakujte bod 6.6.

Poznamenejte si hodnotu průtoku, kterou odečtete na horní linii plováku.

Pokaždé, když testujete nový materiál postupujte podle instrukcí uvedených výše pro výběr vhodného průtokoměru. Pokud bude již jednou stanovená hodnota pro určitý typ tkaniny, pak se může správný průtokoměr vybrat bez předchozího postupu.

6. Výpočet a vyjádření výsledku

Prodyšnost je normálně vyjadřována jako:

Objemový tok vzduchu na jednotku tlaku vodního sloupce a na jednotku plochy tkaniny.

Vypočítává se průměrný průtok vzduchu z 5 nebo 10 měření v l/min nebo v mm/m (to záleží na odečítání z průtokoměru) a následně přepočet na ml/s.

Obdržená hodnota je pak dělena zkušební plochou vzorku (508 mm²)/100. Zapište výsledek s přesností na 5 %, t. j. na 2 až 3 desetinná místa, **vyjadřující prodyšnost v ml/(cm²/s) při (100 Pa)**. (Nebo tlaku, který byl použit při jiné specifikaci).

Např. údaj průměrného průtoku = 0,5 l/min

$$= 0,01 \text{ l/s}$$

$$= 10 \text{ ml/s}$$

Proto... $\frac{10}{508} \times 100 =$ prodyšnost 2,0 ml (cm²/s) při (100 Pa)

508

7. Údržba

Vývěva přístroje – údržba této části zařízení je popsána v příloze C. – NENÍ

8. Specifikace přístroje

Rozsah = 0,05 až 416,0 ml/s

4 Průtokoměry

- Průtokoměr č. 1 = 0,1 až 1,0 ml/s
- Průtokoměr č. 2 = 0,4 až 5,8 ml/s
- Průtokoměr č. 3 = 4 až 40 ml/s
- Průtokoměr č. 4 = 40 až 400 ml/s

Standardní měřicí komora – BS 5636:1990

Zkušební plocha	=	508 mm ² ±1 mm ²
Průměr vstupního otvoru	=	25,432±0,25mm
Zkušební vzorek	=	možnost volby velikosti vzorku

Doporučená měřicí komora – EN ISO 9237:1995

Zkušební plocha	=	20 cm ² ±0,5%
Průměr vstupního otvoru	=	50,46mm
Zkušební vzorek	=	možnost volby velikosti vzorku

Tlakové měření

Přímé čtení	=	maximální rozsah 2 kPa (204 mm vodního sloupce)
Manometr	=	NB (1 Pa = 0,102 mm vodního sloupce)

9. Rozměry a váha přístroje

Váha přístroje = 15 kg

Váha čerpadla = 11 kg

Rozměry přístroje = 370d x 660š x 600v

Rozměry čerpadla = 200 x 270 x 350

Příloha A

Metoda BS 5636:1990

Rozsah

Tato Britská norma popisuje metodu pro stanovení odolnosti prodyšnosti tkanin, procházení vzduchu skrz, dá se použít na většinu tkanin, které jsou propustné vzduchem. Tato metoda se nedá použít pro padákové tkaniny.

Princip

Měření je dáno průtokem vzduchu skrz danou plochu tkaniny, pokud tlakový spád skrz tkaninu je 0,98 mbar.

Zařízení

Možnost upnutí vzorku bezpečně bez deformace.

Ochranný prstenec nebo podobné zařízení, k zabránění unikání veškerého vzduchu z okraje testovací plochy. Jinak, je možné užití vhodné spony.

Ukazatel tlaku nebo manometr připojený na testovací hlavu, aby ukázal pokles tlaku napříč vzorkem 0,98 mbar s přesností $\pm 2\%$.

Možnost návrhu stálého průtoku vzduchu při kontrolované teplotě a vlhkosti skrz vzorek a pro nastavení rychlosti k vytvoření tlakového spádu skrz vzorek 0,98 mbar.

Průtokoměry měřící rychlost toku vzduchu v ml/s s přesností $\pm 2\%$.

Prostředí pro klimatizaci a testování

Klimatizování a testování by mělo být provedeno při standardizované teplotě a prostředí pro klimatizování a testování textilií, tak jako je definováno v BS 1051, tj. relativní vlhkosti $65 \pm 2\%$ a teplotě $20 \pm 2^\circ\text{C}$.

Testování vzorků

Podmínky testování tkanin v prostředí jsou předepsané v předchozí větě, a musí být dodrženy po dobu nejméně 24 hodin před měřeními.

Ustříhnete 5 vzorků z tkaniny vhodného tvaru pro manipulaci a upevnění, ale dostatečně velké aby zajistily testovanou plochu $508 \pm 1 \text{ mm}^2$ ($25,432 \pm 0,025 \text{ mm}$ průměr).

Vyberte testovanou plochu, tak že představují vzorek vhodný k testování, jak jen to je nejvíc možné, ale vyvarujte se okrajům a oblastem nevhodných k prezentování tkaniny jako celku, např. pomačkání a přeložená místa.

Postup

Upevněte vzorek přes otvor nasávání vzduchu vnější plochou tkaniny k otvoru. Nastavte tlakový spád, tak aby se tlakoměr ustálil na 0,98 mbar. Přečtěte a zapište hodnotu průtoku vzduchu. Opakujte postup na ostatních vzorcích.

Pokud je to nezbytné, opakujte proces použitím 5 nových vzorků, ale z druhé strany tkaniny.

Výpočet a vyjádření výsledků

Spočítejte průtok vzduchu v ml/s a podělte testovanou plochou vzorku (v mm^2)/100. Zapište výsledek s přesností na 5%, tj. 2 nebo 3 desetinná čísla, udávající prodyšnost v $\text{ml}/(\text{cm}^2/\text{s})$ při 0,98 mbar.

Zkušební protokol

Zkušební protokol má obsahovat:

Číslo a datum této Britské normy, tj. BS 5636:1990

Číslo zkušebního vzorku

Průměrnou prodyšnost všech vzorků vysvětlené ve třídě 7

Příloha B

Metoda EN ISO 9237

Rozsah

Tato mezinárodní norma vysvětluje metodu pro měření prodyšnosti tkanin a užívá se pro většinu typů tkanin, do kterých patří průmyslové tkaniny pro technické použití, netkané textilie a navržené textilie které jsou prodyšné.

Princip

Hodnota průtoku vzduchu procházející svisle skrz danou oblast tkaniny je měřena při daném rozdílu tlaků přes testovanou plochu tkaniny v určitém čase.

Zařízení

Metrologické potvrzení testovacího zařízení musí být v souladu s ISO 10012-1.

1. Kruhový držák vzorku se vstupním otvorem umožňuje testovat plochu o velikosti 5 cm², 20 cm², 50 cm² nebo 100 cm².

Tolerance pro testování plochy nesmí překročit $\pm 0,5$ %.

Poznámka: Dostatečná podpora pro testovaný vzorek, zejména pro testování velkých povrchů je doporučena.

2. Možnost bezpečného upnutí vzorku bez deformace.

Poznámka: Dejte pozor na prevenci úniku vzduchu po stranách testovaného vzorku. Eventuelně se únik může změřit odděleně a odečíst od výsledku.

3. Ochranný prstenec, k zabránění úniku nebo pro dobrovolné použití ve spojení s možností upevnění. (viz 2)

4. Ukazatel tlaku nebo manometr připojený k testovací hlavě ukazuje tlakový spád přes testovací oblast vzorku 50 Pa, 100 Pa, 200 Pa nebo 500 Pa s přesností minimálně 2 %.

5. Možnost návrhu stálého průtoku vzduchu při kontrolované teplotě a vlhkosti skrz držák vzorku a pro nastavení rychlosti k vytvoření tlakového spádu skrz vzorek mezi 50 Pa a 500 Pa.

6. Průtokoměr, objemový čítač nebo měřicí otvor ukazuje množství průtoku vzduchu v dm^3/min (l/min)s udrženou přesností minimálně $\pm 2\%$.

Poznámka: Průtokoměry nebo objemové čítače měřící množství průtoku vzduchu v cm^3/s (nebo v jiných přijatelných jednotkách) mohou být použity pokud je udržena přesnost minimálně $\pm 2\%$.

Prostředí pro klimatizaci a testování

Prostředí pro předklimatizování, klimatizaci a testování musí být v souladu s ISO 139.

Klimatizování vzorků a testovací podmínky

Před testováním musí být vzorky klimatizovány a test provedený ve standardním prostředí pro testování (viz Prostředí pro klimatizaci a testování).

Doporučené podmínky pro testování jsou:

Velikost testované plochy: 20 cm^2

Tlakový spád : 100 Pa pro oděvní tkaniny.

Tlakový spád: 200 Pa pro technické tkaniny.

V případech kdy tyto tlakové spády nemohou být dosaženy nebo nejsou odpovídající, volí se tlakový spád 50 Pa nebo 500 Pa může být užito a/nebo se volí testovací plocha 5 cm^2 nebo 50 cm^2 nebo 100 cm^2 může být vybrána pokud s tím souhlasí všechny zúčastněné strany.

Poznámka: Pro porovnání výsledků je doporučeno provést test se stejnou testovací oblastí a tlakovým spádem.

Postup

Vložte testovací vzorek do kruhového držáku s přiměřeným napětím, aby se eliminovalo vrásnění pokud nějaké je, aby tkanina nebyla zdeformována ve své úrovni. Vyvarujte se pomačkaným a přeloženým oblastem. O tkaninách, u kterých se vzduchová propustnost liší mezi dvěma stranami tkaniny se zmiňte ve zprávě, která strana byla testována. Upněte vzorky potažené na jedné straně potažením směrem ke straně s nižším tlakem, aby se zabránilo úniku vzduchu.

Zapněte sací větrák nebo jiné zařízení (viz přístroj 5) aby šel tlak vzduchu skrz testovaný vzorek a nastavte průtok vzduchu postupně až do tlakového spádu, jak bylo doporučeno předtím, aby byl tlakový spád dosažen přes testovací oblast tkaniny. Zapište průtok vzduchu (viz přístroj 6) minimálně každou minutu nebo až je dosaženo ustálených podmínek výsledků.

POZNÁMKA: Některé zařízení, např. měřáky objemu mohou potřebovat množství vzduchu přibližně 10 dm³ pro zajištění požadované přesnosti.

Opakujte test na jiných místech vzorku minimálně 10x se stejnými podmínkami.

Výpočet a vyjádření výsledků

Vypočítejte aritmetický průměr jednotlivých ukazovaných údajů a variační koeficient (s přesností 0,1%) a uvádějící 95% interval spolehlivosti.

Vypočítejte prodyšnost vzduchu R, vyjádřenou v mm/s, s použitím rovnice

$$R = \frac{q_v}{A} \times 167$$

kde

q_v – aritmetický průměr průtoku vzduchu v dm³/min (l/min);

A – zkoušená plocha textilie, v cm²;

167 – přepočítavací faktor z dm³(l)/min/cm², na mm/s.

U otevřených textilií a netkaných textilií, může být prodyšnost R vyjádřena v m/s s použitím rovnice

$$R = \frac{q_v}{A} \times 0,167$$

kde q_v a plocha A jsou viz výše.

Vyjádřete 95% interval spolehlivosti v předepsaných jednotkách (tak jak počítaná prodyšnost) nebo (pro otevřené tkaniny a netkané textilie) zaokrouhlete výsledek R s přesností na 2% získané ze vzorce viz výše.

Zkušební protokol

Zkušební protokol musí zahrnovat následující informace.

a) Hlavní informace

číslo a rok vydání mezinárodní normy ISO 9237:1995, a datum zkoušky

všechny informace nezbytné k dokončení identifikace testovaného vzorku, a pokud je to požadováno označit směr toku vzduchu skrz tkaninu

použitá velikost testované plochy, v cm^2

použitý tlakový spád, v Pa

číslo testovaného vzorku

použité klimatizační a testované podmínky

všechny odchylky od předepsaného postupu

b) Výsledky zkoušky

průměr prodyšnosti R, v milimetrech za sekundu nebo v metrech za sekundu tak jak se uvádí

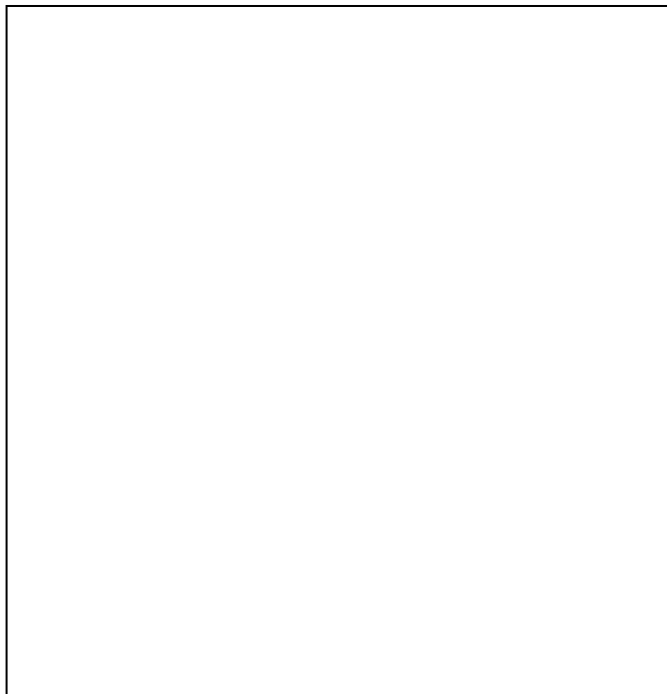
variační koeficient, v procentech

95 % interval spolehlivosti, v milimetrech za sekundu nebo v metrech za sekundu tak jak se uvádí

Příloha 2

Vzorky kalibračních materiálů a jejich vlastnosti

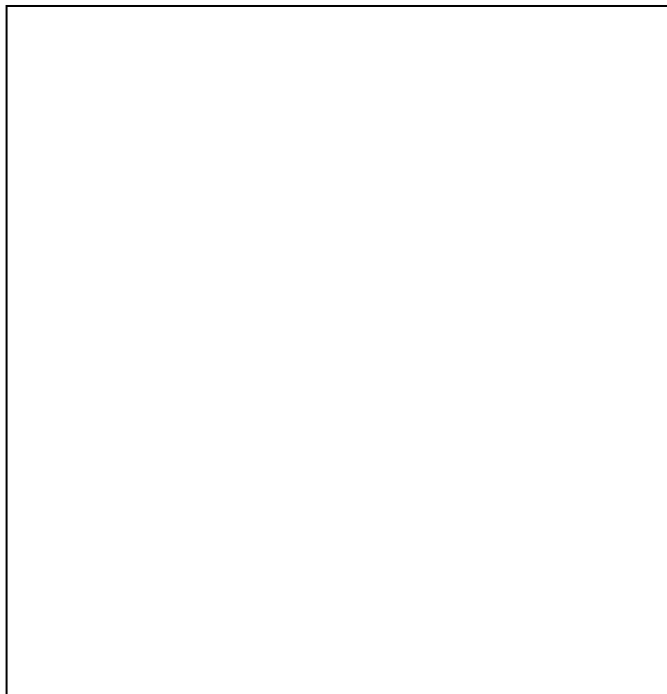
Vzorek tkaniny č. 3



Tabulka zjištěných vlastností tkaniny:

	Vzorek č. 3
Tloušťka h [mm]	0,63
Hmotnost m [g]	2,85
Dostava os [nití/10 cm]	300
Dostava út [nití/10 cm]	260
Δl osnovy [mm]	8
Δl útku [mm]	11
Materiálové složení	55 % polyester + 45 % vlna
Vazba	keprová

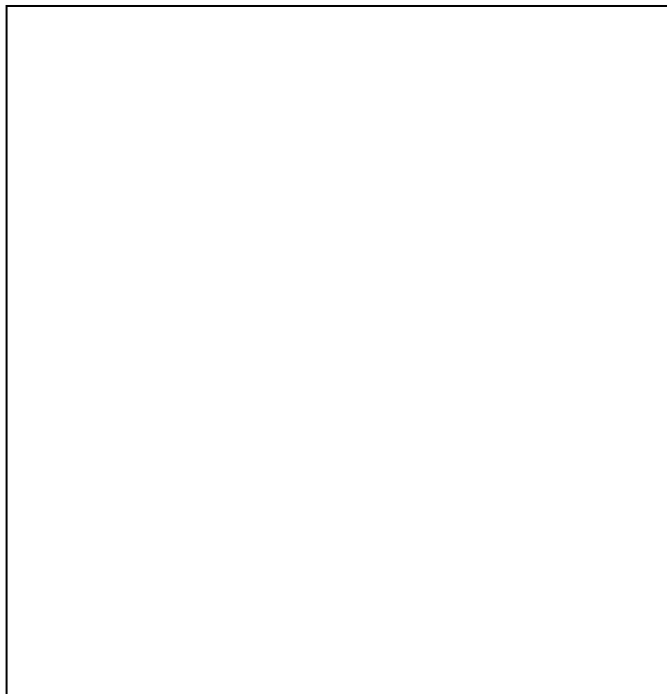
Vzorek tkaniny č. 6



Tabulka zjištěných vlastností tkaniny:

	Vzorek č. 6
Tloušťka h [mm]	0,48
Hmotnost m [g]	2,23
Dostava os [nití/10 cm]	390
Dostava út [nití/10 cm]	230
Δl osnovy [mm]	7
Δl útku [mm]	12
Materiálové složení	100 % bavlna
Vazba	keprová

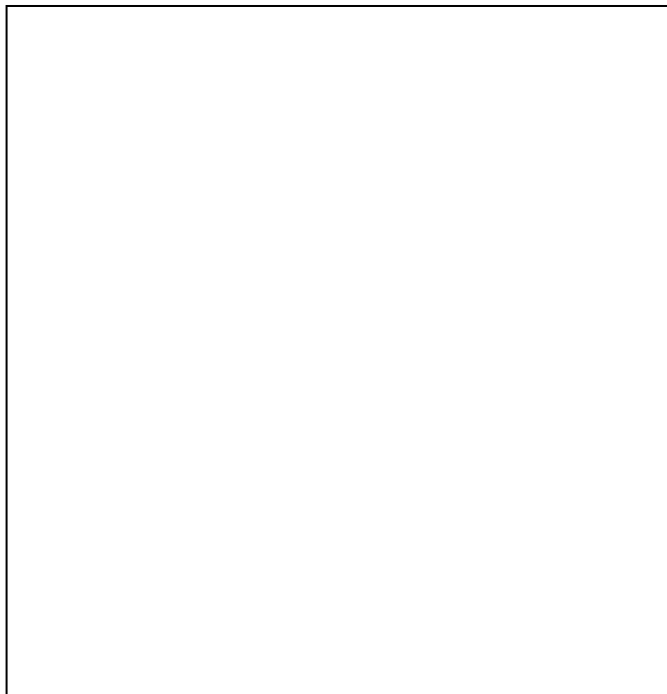
Vzorek tkaniny č. 7



Tabulka zjištěných vlastností tkaniny:

	Vzorek č. 7
Tloušťka h [mm]	0,35
Hmotnost m [g]	1,93
Dostava os [nití/10 cm]	360
Dostava út [nití/10 cm]	230
Δl osnovy [mm]	5
Δl útku [mm]	13
Materiálové složení	100 % vlna
Vazba	keprová

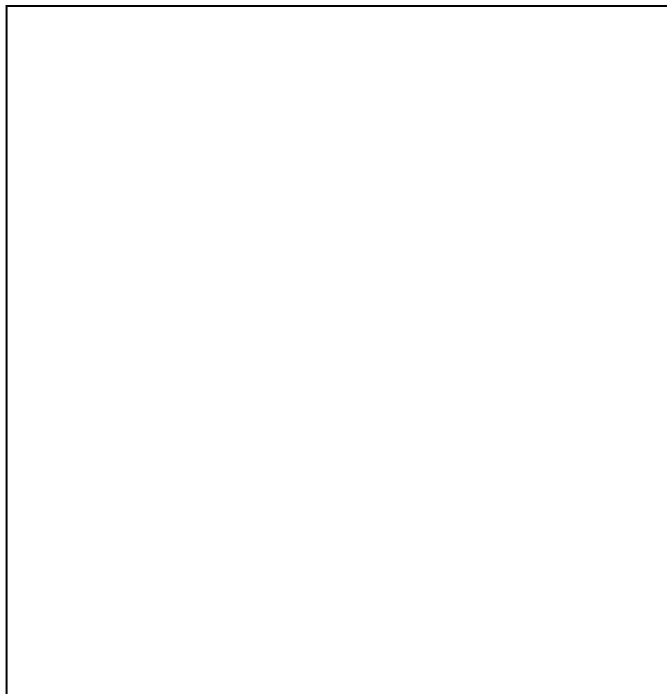
Vzorek tkaniny č. 8



Tabulka zjištěných vlastností tkaniny:

	Vzorek č. 8
Tloušťka h [mm]	1,75
Hmotnost m [g]	5,34
Dostava os [nití/10 cm]	220
Dostava út [nití/10 cm]	140
Δl osnovy [mm]	12
Δl útku [mm]	20
Materiálové složení	55 % polyester + 45 % vlna
Vazba	keprová

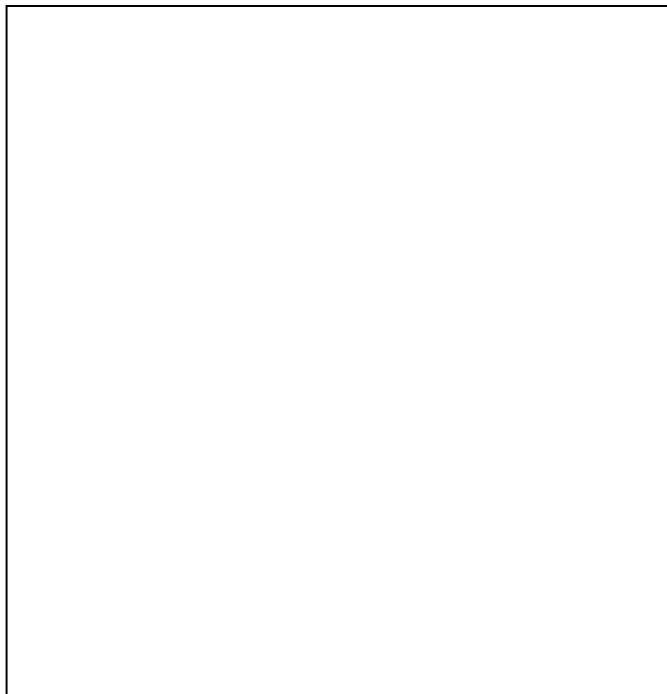
Vzorek tkaniny č. 11



Tabulka zjištěných vlastností tkaniny:

	Vzorek č. 11
Tloušťka h [mm]	1,33
Hmotnost m [g]	4,79
Dostava os [nití/10 cm]	260
Dostava út [nití/10 cm]	80
Δl osnovy [mm]	4
Δl útku [mm]	2
Materiálové složení	100 % juta
Vazba	plátňová

Vzorek tkaniny č. 13



Tabulka zjištěných vlastností tkaniny:

	Vzorek č. 13
Tloušťka h [mm]	0,59
Hmotnost m [g]	2,78
Dostava os [nití/10 cm]	270
Dostava út [nití/10 cm]	250
Δl osnovy [mm]	5
Δl útku [mm]	8
Materiálové složení	55 % polyester + 45 % vlna
Vazba	keprová

Příloha 3

Tabulky naměřených hodnot a převody jednotek

I. Metefem FF 12-A

Tkanina č. 1

100 Pa	l/hod					l/min				
1.	3300	3000	3200	3250	3200	55	50	53,33	54,17	53,33
2.	2900	3150	3500	3300	2900	48,33	52,5	58,33	55	48,33
3.	3250	3300	3100	3250	3100	54,17	55	51,67	54,17	51,67
4.	3300	3200	3050	2850	3250	55	53,33	50,83	47,5	54,17
5.	3450	3400	3300	3200	3150	57,5	56,67	55	53,33	52,5
6.	3000	3250	3350	3100	3300	50	54,17	55,83	51,67	55
7.	3200	3450	2950	2900	3300	53,33	57,5	49,17	48,33	55
8.	3200	3450	3100	3450	3250	53,33	57,5	51,67	57,5	54,17
9.	3050	3400	3250	3300	3150	50,83	56,67	54,17	55	52,5
10.	3300	3400	3400	3200	2800	55	56,67	56,67	53,33	46,67

Tkanina č. 2

100 Pa	l/hod					l/min				
1.	1850	1900	1900	2000	1800	30,83	31,67	31,67	33,33	30
2.	2100	1600	2150	1900	1900	35	26,67	35,83	31,67	31,67
3.	1950	1800	1950	1900	1900	32,5	30	32,5	31,67	31,67
4.	2050	1900	1900	1800	1900	34,17	31,67	31,67	30	31,67
5.	1700	1900	1900	1950	1800	28,33	31,67	31,67	32,5	30
6.	1950	2000	1900	1800	2000	32,5	33,33	31,67	30	33,33
7.	2050	1800	1950	2050	1950	34,17	30	32,5	34,17	32,5
8.	1950	2050	1500	1750	2000	32,5	34,17	25	29,17	33,33
9.	1750	1700	1900	1900	2000	29,17	28,33	31,67	31,67	33,33
10.	1750	2100	1800	1850	1650	29,17	35	30	32,5	27,5

Tkanina č. 3

100 Pa	l/hod					l/min				
1.	720	760	850	850	920	12	12,67	14,17	14,17	15,33
2.	730	710	760	810	760	12,17	11,83	12,67	13,5	12,67
3.	760	780	920	820	780	12,67	13	15,33	13,67	13
4.	750	720	770	910	820	12,5	12	12,83	15,17	13,67
5.	680	770	820	800	740	11,33	12,83	13,67	13,33	12,33
6.	800	720	740	740	830	13,33	12	12,33	12,33	13,83
7.	790	780	880	770	690	13,17	13	14,67	12,83	11,5
8.	750	810	860	690	790	12,5	13,5	14,33	11,5	13,17
9.	760	760	720	760	870	12,67	12,67	12	12,67	14,5
10.	800	820	620	810	720	13,33	13,67	10,33	13,5	12

Tkanina č. 4

100 Pa	l/hod					l/min				
1.	2350	2400	2400	2600	2450	39,17	40	40	43,33	40,83
2.	2350	2400	2600	2500	2600	39,17	40	43,33	41,67	43,33
3.	2200	2500	2600	2600	2400	36,67	41,67	43,33	43,33	40
4.	2350	2400	2500	2600	2500	39,17	40	41,67	43,33	41,67
5.	2300	2400	2400	2500	2650	38,33	40	40	41,67	44,17
6.	2200	2300	2400	2450	2500	36,67	38,33	40	40,83	41,67
7.	2400	2400	2300	2550	2400	40	40	38,33	42,5	40
8.	2150	2550	2400	2550	2300	35,83	42,5	40	42,5	38,33
9.	2400	2500	2250	2550	2300	40	41,67	37,5	42,5	38,33
10.	2500	2600	2500	2400	2400	41,67	43,33	41,67	40	40

Tkanina č. 5

100 Pa	l/hod					l/min				
1.	2100	2350	2300	2050	2150	35	39,17	38,33	34,17	35,83
2.	2300	2200	2300	2150	2250	38,33	36,67	38,33	35,83	37,5
3.	2050	2300	2300	2000	2100	34,17	38,33	38,33	33,33	35
4.	2200	2350	2450	2050	2000	36,67	39,17	40,83	34,17	33,33
5.	2100	2200	2350	2200	2100	35	36,67	39,17	36,67	35
6.	2400	2050	2350	2200	2000	40	34,17	39,17	36,67	33,33
7.	2400	2300	1900	2200	2100	40	38,33	31,67	36,67	35
8.	2150	2200	2250	2100	1800	35,83	36,67	37,5	35	30
9.	2400	2000	2400	2200	2200	40	33,33	40	36,67	36,67
10.	2500	1900	1850	2400	2300	41,67	31,67	30,83	40	38,33

Tkanina č. 6

100 Pa	l/hod					l/min				
1.	680	840	720	730	760	11,33	14	12	12,17	12,67
2.	750	760	700	790	820	12,5	12,67	11,67	13,17	13,67
3.	810	800	710	760	660	13,5	13,33	11,83	12,67	11
4.	800	820	760	760	780	13,33	13,67	12,67	12,67	13
5.	790	710	780	750	780	13,17	11,83	13	12,5	13
6.	700	730	740	750	720	11,67	13,83	12,33	12,5	12
7.	820	770	700	760	780	13,67	12,83	11,67	12,67	13
8.	780	780	700	780	710	13	13	11,67	13	11,83
9.	800	750	750	720	790	13,33	12,5	12,5	12	13,17
10.	790	790	730	760	820	13,17	13,17	12,17	12,67	13,67

Tkanina č. 7

100 Pa	l/hod					l/min				
1.	550	580	630	560	500	9,17	9,67	10,5	9,33	8,33
2.	570	580	610	600	530	9,5	9,67	10,17	10	8,83
3.	540	550	600	560	580	9	9,17	10	9,33	9,67
4.	450	520	600	550	530	7,5	8,67	10	9,17	8,83
5.	520	500	560	520	570	8,67	8,33	9,33	8,67	9,5
6.	520	520	500	550	640	8,67	8,67	8,33	9,17	10,67
7.	560	510	510	460	620	9,33	8,5	8,5	7,67	10,33
8.	500	530	610	540	650	8,33	8,83	10,17	9	10,83
9.	530	530	540	580	590	8,83	8,83	9	9,67	9,83
10.	590	530	490	540	620	9,83	8,83	8,17	9	10,33

Tkanina č. 8

100 Pa	l/hod					l/min				
1.	1200	1150	1200	1080	1060	20	19,17	20	18	17,67
2.	1100	1200	1200	1070	1040	18,33	20	20	17,83	17,33
3.	1100	1200	1100	1050	1070	18,33	20	18,33	17,5	17,83
4.	1050	1030	1150	1140	1040	17,5	17,17	19,17	19	17,33
5.	1000	1060	1070	1090	1150	16,67	17,67	17,83	18,17	19,17
6.	1100	1160	1020	1000	1060	18,33	19,33	17	16,67	17,67
7.	1000	1060	1130	1140	1140	16,67	17,67	18,83	19	19
8.	1100	1100	1190	1200	1100	18,33	18,33	19,83	20	18,33
9.	1100	1000	1070	1100	1200	18,33	16,67	17,83	18,33	20
10.	1150	1130	1140	1180	1060	19,17	18,83	19	19,67	17,67

Tkanina č. 9

100 Pa	l/hod					l/min				
1.	1700	3050	1900	2500	2300	28,33	50,83	31,67	41,67	38,33
2.	2100	2200	2200	2500	2450	35	36,67	36,67	41,67	40,83
3.	2300	2350	2050	2050	2500	38,33	39,17	34,17	34,17	41,67
4.	2500	2650	2000	2000	2350	41,67	44,17	33,33	33,33	39,17
5.	2100	2200	1800	2850	2400	35	36,67	30	47,5	40
6.	2350	2500	2150	2400	1950	39,17	41,67	35,83	40	32,5
7.	2200	2000	2000	1850	1950	36,67	33,33	33,33	30,83	32,5
8.	2000	2350	1900	2200	2250	33,33	39,17	31,67	36,67	37,5
9.	2100	2300	2200	2400	2200	35	38,33	36,67	40	36,67
10.	2500	2900	2300	2100	2050	41,67	48,33	38,33	35	34,17

Tkanina č. 10

100 Pa	l/hod					l/min				
1.	3400	3200	3000	3500	3350	56,67	53,33	50	58,33	55,83
2.	3400	3500	3700	3200	3400	56,67	58,33	61,67	53,33	56,67
3.	3600	3500	3500	3200	2850	60	58,33	58,33	53,33	47,5
4.	3400	3250	3250	3350	3350	56,67	54,17	54,17	55,83	55,83
5.	3000	3500	2950	3100	3000	50	58,33	49,17	51,67	50
6.	3300	3500	2900	3450	2600	55	58,33	48,33	57,5	43,33
7.	3500	3500	2900	3250	3100	58,33	58,33	48,33	54,17	51,67
8.	3000	3200	3000	3300	3100	50	53,33	50	55	51,67
9.	3200	3400	2950	3300	3300	53,33	56,67	49,17	55	55
10.	3350	3500	3050	2900	3350	55,83	58,33	58,83	48,33	55,83

Tkanina č. 11

100 Pa	l/hod					l/min				
1.	740	620	430	590	640	12,33	10,33	7,17	9,83	10,67
2.	490	620	540	710	620	8,17	10,33	9	11,83	10,33
3.	540	590	590	620	430	9	9,83	9,83	10,33	7,17
4.	420	530	520	880	460	7	8,83	8,67	14,67	7,67
5.	730	460	460	570	550	12,17	7,67	7,67	9,5	9,17
6.	560	550	480	660	660	9,33	9,17	8	11	11
7.	570	540	680	640	500	9,5	9	11,33	10,67	8,33
8.	780	660	620	520	660	13	11	10,33	8,67	11
9.	510	400	560	600	480	8,5	6,67	9,33	10	8
10.	420	590	630	530	540	7	9,83	10,5	8,83	9

Tkanina č. 12

100 Pa	l/hod					l/min				
1.	3500	2900	3400	3250	3200	58,33	48,33	56,67	54,17	53,33
2.	3250	3900	3300	3150	3150	54,17	65	55	52,5	52,5
3.	3700	3450	3600	3100	3150	61,67	57,5	60	51,67	52,5
4.	3100	3550	2900	3350	3300	51,67	59,17	48,33	55,83	55
5.	3600	3800	3700	2900	3150	60	63,33	61,67	48,33	52,5
6.	3800	3800	3350	3200	3400	63,33	63,33	55,83	53,33	56,67
7.	3300	3900	3350	3450	3400	55	65	55,83	57,5	56,67
8.	2800	3200	3100	3100	3800	46,67	53,33	51,67	51,67	63,33
9.	3350	3300	3400	2900	3700	55,83	55	56,67	48,33	61,67
10.	3550	3400	3800	3200	3750	59,17	56,67	63,33	53,33	62,5

Tkanina č. 13

100 Pa	l/hod					l/min				
1.	1000	900	900	1000	1000	16,67	15	15	16,67	16,67
2.	1050	1000	900	1000	1050	17,5	16,67	15	16,67	17,5
3.	1200	950	1050	900	1050	20	15,83	17,5	15	17,5
4.	1000	1000	1000	1000	1050	16,67	16,67	16,67	16,67	17,5
5.	1000	950	950	1000	1000	18,33	15,83	15,83	16,67	16,67
6.	950	900	1000	1000	1000	15,83	15	16,67	16,67	16,67
7.	1050	1000	850	950	1050	17,5	16,67	14,17	15,83	17,5
8.	1000	1000	950	1050	1000	16,67	16,67	15,83	17,5	16,67
9.	1100	900	800	950	1000	18,33	15	13,33	15,83	16,67
10.	1000	1000	950	1000	1000	16,67	16,67	15,83	16,67	16,67

Tkanina č. 3

100 Pa	ml/s					
1.	200	211	236	236	255	200
2.	203	197	211	225	211	203
3.	211	217	255	228	216	211
4.	208	200	214	253	228	208
5.	188	214	228	222	205	188
6.	222	200	205	205	231	222
7.	220	217	244	214	192	220
8.	208	225	238	192	220	208
9.	211	211	200	211	242	211
10.	222	228	172	225	200	222

Tkanina č. 6

100 Pa	ml/s					
1.	188	233	200	203	211	188
2.	208	211	195	220	228	208
3.	225	222	197	211	183	225
4.	222	228	211	211	217	222
5.	220	197	217	208	217	220
6.	195	231	205	208	200	195
7.	228	214	195	211	217	228
8.	217	217	195	217	197	217
9.	222	208	208	200	220	222
10.	220	220	203	211	228	220

Tkanina č. 7

100 Pa	ml/s					
1.	153	161	175	156	138	153
2.	158	161	170	167	147	158
3.	150	153	167	156	161	150
4.	125	145	167	153	147	125
5.	145	139	155	145	158	145
6.	145	145	138	153	178	145
7.	155	142	142	128	172	155
8.	138	147	170	150	181	138
9.	147	147	150	161	164	147
10.	164	147	136	150	172	164

Tkanina č. 8

100 Pa	ml/s					
1.	333	320	333	300	295	333
2.	305	333	333	297	288	305
3.	305	333	305	292	297	305
4.	292	286	320	317	288	292
5.	278	295	297	303	320	278
6.	305	321	283	278	295	305
7.	278	295	314	317	317	278
8.	305	305	331	333	305	305
9.	305	278	297	305	333	305
10.	320	314	317	328	295	320

Tkanina č. 11

100 Pa	ml/s					
1.	205	172	120	164	178	205
2.	136	172	150	197	172	136
3.	150	164	164	172	120	150
4.	117	147	145	245	128	117
5.	203	128	128	158	153	203
6.	155	153	133	183	183	155
7.	158	150	188	178	138	158
8.	217	183	172	145	183	217
9.	142	111	155	167	133	142
10.	117	164	175	147	150	117

Tkanina č. 13

100 Pa	ml/s					
1.	278	250	250	278	278	278
2.	292	278	250	278	292	292
3.	333	264	292	250	292	333
4.	278	278	278	278	292	278
5.	305	264	264	278	278	305
6.	264	250	278	278	278	264
7.	292	278	236	264	292	292
8.	278	278	264	292	278	278
9.	305	250	222	264	278	305
10.	278	278	264	278	278	278

Tkanina č. 3

100 Pa	l/hod					l/min				
1.	720	760	850	850	920	12	12,67	14,17	14,17	15,33
2.	730	710	760	810	760	12,17	11,83	12,67	13,5	12,67
3.	760	780	920	820	780	12,67	13	15,33	13,67	13
4.	750	720	770	910	820	12,5	12	12,83	15,17	13,67
5.	680	770	820	800	740	11,33	12,83	13,67	13,33	12,33
6.	800	720	740	740	830	13,33	12	12,33	12,33	13,83
7.	790	780	880	770	690	13,17	13	14,67	12,83	11,5
8.	750	810	860	690	790	12,5	13,5	14,33	11,5	13,17
9.	760	760	720	760	870	12,67	12,67	12	12,67	14,5
10.	800	820	620	810	720	13,33	13,67	10,33	13,5	12
51.	840	1020	980	890	900	14	17	16,33	14,83	15
52.	930	980	870	950	970	15,5	16,33	14,5	15,83	16,17
53.	970	920	1000	970	980	16,17	15,33	16,67	16,17	16,33
54.	1040	940	900	900	990	17,33	15,67	15	15	16,5
55.	1000	860	1020	860	940	16,67	14,33	17	14,33	15,67
56.	860	920	950	920	930	14,33	15,33	15,83	15,33	15,5
57.	840	920	950	860	1010	14	15,33	15,83	14,33	16,83
58.	940	870	960	1040	970	15,67	14,5	16	17,33	16,17
59.	920	920	1000	1000	900	15,33	15,33	16,67	16,67	15
60.	960	890	870	860	910	16	14,83	14,5	14,33	15,17
101.	1000	930	840	930	820	16,67	15,5	14	15,5	13,67
102.	940	940	920	950	900	15,67	15,67	15,33	15,83	15
103.	960	930	860	880	940	16	15,5	14,33	14,67	15,67
104.	1000	880	840	920	960	16,67	14,67	14	15,33	16
105.	950	980	870	920	840	15,83	16,33	14,5	15,33	14
106.	990	930	880	940	860	16,5	15,5	14,67	15,67	14,33
107.	920	920	960	920	940	15,33	15,33	16	15,33	15,67
108.	820	970	940	900	920	13,67	16,17	15,67	15	15,33
109.	920	920	830	900	900	15,33	15,33	13,83	15	15
110.	890	960	840	880	790	14,83	16	14	14,67	13,17

Tkanina č. 6

100 Pa	l/hod					l/min				
1.	680	840	720	730	760	11,33	14	12	12,17	12,67
2.	750	760	700	790	820	12,5	12,67	11,67	13,17	13,67
3.	810	800	710	760	660	13,5	13,33	11,83	12,67	11
4.	800	820	760	760	780	13,33	13,67	12,67	12,67	13
5.	790	710	780	750	780	13,17	11,83	13	12,5	13
6.	700	730	740	750	720	11,67	13,83	12,33	12,5	12
7.	820	770	700	760	780	13,67	12,83	11,67	12,67	13
8.	780	780	700	780	710	13	13	11,67	13	11,83
9.	800	750	750	720	790	13,33	12,5	12,5	12	13,17
10.	790	790	730	760	820	13,17	13,17	12,17	12,67	13,67
51.	940	940	850	830	850	15,67	15,67	14,17	13,83	14,17
52.	930	960	900	820	880	15,5	16	15	13,67	14,67
53.	950	940	950	900	840	15,83	15,67	15,83	15	14
54.	940	940	840	840	890	15,67	15,67	14	14	14,83
55.	930	870	880	880	910	15,5	14,5	14,67	14,67	15,17
56.	880	900	800	800	930	14,67	15	13,33	13,33	15,5
57.	980	870	860	870	850	16,33	14,5	14,33	14,5	14,17
58.	840	820	900	890	800	14	13,67	15	14,83	13,33
59.	1000	880	860	910	860	16,67	14,67	13,33	15,17	14,33
60.	950	920	840	810	860	15,83	15,33	14	13,5	14,33
101.	970	810	910	860	780	16,17	13,5	15,17	14,33	13
102.	960	880	790	800	870	16	14,67	13,17	13,33	14,5
103.	940	950	890	920	940	15,67	15,83	14,83	15,33	15,67
104.	780	820	850	860	890	13	13,67	14,17	14,33	14,83
105.	780	900	890	880	760	13	15	14,83	14,67	12,67
106.	780	930	910	960	780	13	13,83	15,17	16	13
107.	820	900	920	900	860	13,67	15	15,33	15	14,33
108.	940	890	880	910	820	15,67	14,83	14,67	15,17	13,67
109.	830	900	800	800	900	13,83	15	13,33	13,33	15
110.	920	820	940	940	840	15,33	13,67	15,67	15,67	14

Tkanina č. 7

100 Pa	l/hod					l/min				
1.	550	580	630	560	500	9,17	9,67	10,5	9,33	8,33
2.	570	580	610	600	530	9,5	9,67	10,17	10	8,83
3.	540	550	600	560	580	9	9,17	10	9,33	9,67
4.	450	520	600	550	530	7,5	8,67	10	9,17	8,83
5.	520	500	560	520	570	8,67	8,33	9,33	8,67	9,5
6.	520	520	500	550	640	8,67	8,67	8,33	9,17	10,67
7.	560	510	510	460	620	9,33	8,5	8,5	7,67	10,33
8.	500	530	610	540	650	8,33	8,83	10,17	9	10,83
9.	530	530	540	580	590	8,83	8,83	9	9,67	9,83
10.	590	530	490	540	620	9,83	8,83	8,17	9	10,33
51.	560	730	710	610	700	9,33	12,17	11,83	10,17	11,67
52.	540	790	770	650	700	9	13,17	12,83	10,83	11,67
53.	720	820	700	660	680	12	13,67	11,67	11	11,33
54.	720	750	720	620	640	12	12,5	15,33	10,33	10,67
55.	780	680	710	680	740	13	11,33	11,83	11,33	12,33
56.	790	670	770	620	720	13,17	11,17	12,83	10,33	12
57.	810	570	760	550	780	13,5	9,5	12,67	9,17	13
58.	730	650	560	640	800	12,17	10,83	9,33	10,67	13,33
59.	830	590	720	620	660	13,83	9,83	12	10,33	11
60.	760	720	590	700	680	12,67	12	9,83	11,67	11,33
101.	710	710	800	570	600	11,83	11,83	13,33	9,5	10
102.	800	700	710	660	640	13,33	11,67	11,83	11	10,67
103.	770	720	760	710	520	12,83	12	12,67	11,83	8,67
104.	880	690	740	650	600	14,67	11,5	12,33	10,83	10
105.	760	590	690	650	600	12,67	9,83	11,5	10,83	10
106.	760	720	630	610	610	12,67	12	10,5	10,17	10,17
107.	770	630	720	600	620	12,83	10,5	12	10	10,33
108.	660	710	670	620	670	11	11,83	11,17	10,33	11,17
109.	640	740	730	600	680	10,67	12,33	12,17	10	11,33
110.	640	760	640	680	640	10,67	12,67	10,67	11,33	10,67

Tkanina č. 8

100 Pa	l/hod					l/min				
1.	1200	1150	1200	1080	1060	20	19,17	20	18	17,67
2.	1100	1200	1200	1070	1040	18,33	20	20	17,83	17,33
3.	1100	1200	1100	1050	1070	18,33	20	18,33	17,5	17,83
4.	1050	1030	1150	1140	1040	17,5	17,17	19,17	19	17,33
5.	1000	1060	1070	1090	1150	16,67	17,67	17,83	18,17	19,17
6.	1100	1160	1020	1000	1060	18,33	19,33	17	16,67	17,67
7.	1000	1060	1130	1140	1140	16,67	17,67	18,83	19	19
8.	1100	1100	1190	1200	1100	18,33	18,33	19,83	20	18,33
9.	1100	1000	1070	1100	1200	18,33	16,67	17,83	18,33	20
10.	1150	1130	1140	1180	1060	19,17	18,83	19	19,67	17,67
51.	1200	1300	1300	1250	1300	20	21,67	21,67	20,83	21,67
52.	1300	1400	1300	1300	1150	21,67	23,33	21,67	21,67	19,17
53.	1300	1450	1100	1300	1250	21,67	24,17	18,33	21,67	20,83
54.	1200	1200	1300	1200	1350	20	20	21,67	20	22,5
55.	1300	1300	1150	1200	1300	21,67	21,67	19,17	20	21,67
56.	1250	1400	1300	1200	1300	20,83	23,33	21,67	20	21,67
57.	1150	1250	1200	1300	1300	19,17	20,83	20	21,67	21,67
58.	1200	1300	1350	1200	1300	20	21,67	22,5	20	21,67
59.	1250	1400	1200	1300	1200	20,83	23,33	20	21,67	20
60.	1300	1350	1300	1300	1300	21,67	22,5	21,67	21,67	21,67
101.	1400	1300	1200	1300	1350	23,33	21,67	20	21,67	22,5
102.	1350	1200	1300	1200	1350	22,5	20	21,67	20	22,5
103.	1400	1400	1200	1350	1400	23,33	23,33	20	22,5	23,33
104.	1400	1150	1250	1350	1400	23,33	19,17	20,83	22,5	23,33
105.	1300	1200	1200	1300	1350	21,67	20	20	21,67	22,5
106.	1350	1400	1400	1300	1400	22,5	23,33	23,33	21,67	23,33
107.	1400	1300	1350	1300	1200	23,33	21,67	22,5	21,67	20
108.	1300	1300	1400	1200	1200	21,67	21,67	23,33	20	20
109.	1150	1200	1400	1250	1250	19,17	20	23,33	20,83	20,83
110.	1300	1350	1150	1400	1300	21,67	22,5	19,17	23,33	21,67

Tkanina č. 11

100 Pa	l/hod					l/min				
1.	740	620	430	590	640	12,33	10,33	7,17	9,83	10,67
2.	490	620	540	710	620	8,17	10,33	9	11,83	10,33
3.	540	590	590	620	430	9	9,83	9,83	10,33	7,17
4.	420	530	520	880	460	7	8,83	8,67	14,67	7,67
5.	730	460	460	570	550	12,17	7,67	7,67	9,5	9,17
6.	560	550	480	660	660	9,33	9,17	8	11	11
7.	570	540	680	640	500	9,5	9	11,33	10,67	8,33
8.	780	660	620	520	660	13	11	10,33	8,67	11
9.	510	400	560	600	480	8,5	6,67	9,33	10	8
10.	420	590	630	530	540	7	9,83	10,5	8,83	9
51.	690	700	560	590	590	11,5	11,67	9,33	9,83	9,83
52.	530	640	580	650	580	8,83	10,67	9,67	10,83	9,67
53.	610	580	590	830	780	10,17	9,67	9,83	13,83	13
54.	770	580	720	550	630	12,83	9,67	12	9,17	10,5
55.	500	510	510	630	620	8,33	8,5	8,5	10,5	10,33
56.	680	750	640	680	620	11,33	12,5	10,67	11,33	10,33
57.	480	740	500	570	580	8	12,33	8,33	9,5	9,67
58.	700	580	460	610	620	11,67	9,67	7,67	10,17	10,33
59.	640	680	520	730	600	10,67	11,33	8,67	12,17	10
60.	550	700	670	610	740	9,17	11,67	11,17	10,17	12,33
101.	500	580	680	960	600	8,33	9,67	11,33	16	10
102.	700	570	560	560	510	11,67	9,5	9,33	9,33	8,5
103.	770	500	640	480	540	12,83	8,33	10,67	8	9
104.	790	500	540	620	560	13,17	8,33	9	10,33	9,33
105.	610	650	640	600	580	10,17	10,83	10,67	10	9,67
106.	660	690	500	480	630	11	11,5	8,33	8	10,5
107.	720	700	610	570	640	12	11,67	10,17	9,5	10,67
108.	810	660	720	490	800	13,5	11	12	8,17	13,33
109.	940	850	560	530	640	15,67	14,17	9,33	8,83	10,67
110.	700	680	760	760	740	11,67	11,33	12,67	12,67	12,33

Tkanina č. 13

100 Pa	l/hod					l/min				
1.	1000	900	900	1000	1000	16,67	15	15	16,67	16,67
2.	1050	1000	900	1000	1050	17,5	16,67	15	16,67	17,5
3.	1200	950	1050	900	1050	20	15,83	17,5	15	17,5
4.	1000	1000	1000	1000	1050	16,67	16,67	16,67	16,67	17,5
5.	1000	950	950	1000	1000	18,33	15,83	15,83	16,67	16,67
6.	950	900	1000	1000	1000	15,83	15	16,67	16,67	16,67
7.	1050	1000	850	950	1050	17,5	16,67	14,17	15,83	17,5
8.	1000	1000	950	1050	1000	16,67	16,67	15,83	17,5	16,67
9.	1100	900	800	950	1000	18,33	15	13,33	15,83	16,67
10.	1000	1000	950	1000	1000	16,67	16,67	15,83	16,67	16,67
51.	1200	1100	1050	1150	1000	20	18,33	17,5	19,17	16,67
52.	1100	1150	1200	1200	1100	18,33	19,17	20	20	18,33
53.	1300	1300	1100	1100	1050	21,67	21,67	18,33	18,33	17,5
54.	1100	1050	1200	1100	1050	18,33	17,5	20	18,33	17,5
55.	950	1250	1200	1000	1050	15,83	20,83	20	16,67	17,5
56.	1050	1200	1200	1100	1200	17,5	20	20	18,33	20
57.	1100	1100	1050	1250	1100	18,33	18,33	17,5	20,83	18,33
58.	1000	1050	1150	1100	1050	16,67	17,5	19,17	18,33	17,5
59.	1250	1100	1000	1300	1100	20,83	18,33	16,67	21,67	18,33
60.	1300	1100	1100	1150	1150	21,67	18,33	18,33	19,17	19,17
101.	1100	1250	1100	1200	1200	18,33	20,83	18,33	20	20
102.	1000	1100	1100	1100	1300	16,67	18,33	18,33	18,33	21,67
103.	1100	1100	1050	1100	1200	18,33	18,33	17,5	18,33	20
104.	1150	1100	1000	1100	1300	19,17	18,33	16,67	18,33	21,67
105.	1150	1200	1000	1150	1200	19,17	20	16,67	19,17	20
106.	1150	1150	1150	1200	1100	19,17	19,17	19,17	20	18,33
107.	1100	1150	1200	1200	1050	18,33	19,17	20	20	17,5
108.	1150	1000	1200	1150	1200	19,17	16,67	20	19,17	20
109.	1200	1100	1100	1100	1200	20	18,33	18,33	18,33	20
110.	1100	1000	1100	1250	1200	18,33	16,67	18,33	20,83	20

Tkanina č. 3

100 Pa	ml/s				
1.	200	211	236	236	256
2.	203	197	211	225	211
3.	211	217	256	228	217
4.	208	200	214	253	228
5.	189	214	228	222	206
6.	222	200	206	206	231
7.	219	217	244	214	192
8.	208	225	239	192	219
9.	211	211	200	211	242
10.	222	228	172	225	200
51.	233	283	272	247	250
52.	258	272	242	264	269
53.	269	256	278	269	272
54.	289	261	250	250	275
55.	278	239	283	239	261
56.	239	256	264	256	258
57.	233	256	264	239	281
58.	261	242	267	289	269
59.	256	256	278	278	250
60.	267	247	242	239	253
101.	278	258	233	258	228
102.	261	261	256	264	250
103.	267	258	239	244	261
104.	278	244	233	256	267
105.	264	272	242	256	233
106.	275	258	244	261	239
107.	256	256	267	256	261
108.	228	269	261	250	256
109.	256	256	231	250	250
110.	247	267	233	244	219

Tkanina č. 6

100 Pa	ml/s				
1.	189	233	200	203	211
2.	208	211	194	219	228
3.	225	222	197	211	183
4.	222	228	211	211	217
5.	219	197	217	208	217
6.	194	231	206	208	200
7.	228	214	194	211	217
8.	217	217	194	217	197
9.	222	208	208	200	219
10.	219	219	203	211	228
51.	261	261	236	231	236
52.	258	267	250	228	244
53.	264	261	264	250	233
54.	261	261	233	233	247
55.	258	242	244	244	253
56.	244	250	222	222	258
57.	272	242	239	242	236
58.	233	228	250	247	222
59.	278	244	239	253	239
60.	264	256	233	225	239
101.	269	225	253	239	217
102.	267	244	219	222	242
103.	261	264	247	256	261
104.	217	228	236	239	247
105.	217	250	247	244	211
106.	217	231	253	267	217
107.	228	250	256	250	239
108.	261	247	244	253	228
109.	231	250	222	222	250
110.	256	228	261	261	233

Tkanina č. 7

100 Pa	ml/s				
1.	153	161	175	156	139
2.	158	161	169	167	147
3.	150	153	167	156	161
4.	125	144	167	153	147
5.	144	139	156	144	158
6.	144	144	139	153	178
7.	156	142	142	128	172
8.	139	147	169	150	181
9.	147	147	150	161	164
10.	164	147	136	150	172
51.	156	203	197	169	194
52.	150	219	214	181	194
53.	200	228	194	183	189
54.	200	208	256	172	178
55.	217	189	197	189	206
56.	219	186	214	172	200
57.	225	158	211	153	217
58.	203	181	156	178	222
59.	231	164	200	172	183
60.	211	200	164	194	189
101.	197	197	222	158	167
102.	222	194	197	183	178
103.	214	200	211	197	144
104.	244	192	206	181	167
105.	211	164	192	181	167
106.	211	200	175	169	169
107.	214	175	200	167	172
108.	183	197	186	172	186
109.	178	206	203	167	189
110.	178	211	178	189	178

Tkanina č. 8

100 Pa	ml/s				
1.	333	319	333	300	294
2.	306	333	333	297	289
3.	306	333	306	292	297
4.	292	286	319	317	289
5.	278	294	297	303	319
6.	306	322	283	278	294
7.	278	294	314	317	317
8.	306	306	331	333	306
9.	306	278	297	306	333
10.	319	314	317	328	294
51.	333	361	361	347	361
52.	361	389	361	361	319
53.	361	403	306	361	347
54.	333	333	361	333	375
55.	361	361	319	333	361
56.	347	389	361	333	361
57.	319	347	333	361	361
58.	333	361	375	333	361
59.	347	389	333	361	333
60.	361	375	361	361	361
101.	389	361	333	361	375
102.	375	333	361	333	375
103.	389	389	333	375	389
104.	389	319	347	375	389
105.	361	333	333	361	375
106.	375	389	389	361	389
107.	389	361	375	361	333
108.	361	361	389	333	333
109.	319	333	389	347	347
110.	361	375	319	389	361

Tkanina č. 11

100 Pa	ml/s				
1.	206	172	119	164	178
2.	136	172	150	197	172
3.	150	164	164	172	119
4.	117	147	144	244	128
5.	203	128	128	158	153
6.	156	153	133	183	183
7.	158	150	189	178	139
8.	217	183	172	144	183
9.	142	111	156	167	133
10.	117	164	175	147	150
51.	192	194	156	164	164
52.	147	178	161	181	161
53.	169	161	164	231	217
54.	214	161	200	153	175
55.	139	142	142	175	172
56.	189	208	178	189	172
57.	133	206	139	158	161
58.	194	161	128	169	172
59.	178	189	144	203	167
60.	153	194	186	169	206
101.	139	161	189	267	167
102.	194	158	156	156	142
103.	314	139	178	133	150
104.	219	139	150	172	156
105.	169	181	178	167	161
106.	183	192	139	133	175
107.	200	194	169	158	178
108.	225	183	200	136	222
109.	261	236	156	147	178
110.	194	189	211	211	206

Tkanina č. 13

100 Pa	ml/s				
1.	278	250	250	278	278
2.	292	278	250	278	292
3.	333	264	292	250	292
4.	278	278	278	278	292
5.	306	264	264	278	278
6.	264	250	278	278	278
7.	292	278	236	264	292
8.	278	278	264	292	278
9.	306	250	222	264	278
10.	278	278	264	278	278
51.	333	306	292	319	278
52.	306	319	333	333	306
53.	361	361	306	306	292
54.	306	292	333	306	292
55.	264	347	333	278	292
56.	292	333	333	306	333
57.	306	306	292	347	306
58.	278	292	319	306	292
59.	347	306	278	361	306
60.	361	306	306	319	319
101.	306	347	306	333	333
102.	278	306	306	306	361
103.	306	306	292	306	333
104.	319	306	278	306	361
105.	319	333	278	319	333
106.	319	319	319	333	306
107.	306	319	333	333	292
108.	319	278	333	319	333
109.	333	306	306	306	333
110.	306	278	306	347	333

Tkanina č. 3

200 Pa	l/hod					l/min				
1.	1400	1550	1600	1400	1600	23,33	25,83	26,67	23,33	26,67
2.	1500	1500	1600	1450	1500	25	25	26,67	24,17	25
3.	1550	1600	1650	1550	1550	25,83	26,67	27,5	25,83	25,83
4.	1450	1500	1700	1500	1500	24,17	25	28,33	25	25
5.	1600	1600	1500	1650	1550	26,67	26,67	25	27,5	25,83
6.	1600	1650	1500	1600	1500	26,67	27,5	25	26,67	25
7.	1600	1700	1500	1600	1450	26,67	28,33	25	26,67	24,17
8.	1450	1550	1550	1600	1550	24,17	25,83	25,83	26,67	25,83
9.	1550	1700	1600	1500	1450	25,83	28,33	26,67	25	24,17
10.	1600	1500	1550	1550	1500	26,67	25	25,83	25,83	25

Tkanina č. 6

200 Pa	l/hod					l/min				
1.	1500	1600	1650	1450	1500	25	26,67	27,5	24,17	25
2.	1700	1600	1650	1450	1500	28,33	26,67	27,5	24,17	25
3.	1500	1500	1500	1600	1550	25	25	25	26,67	25,83
4.	1500	1450	1500	1500	1450	25	24,17	25	25	24,17
5.	1550	1600	1600	1550	1500	25,83	26,67	26,67	25,83	25
6.	1500	1500	1450	1500	1550	25	25	24,17	25	25,83
7.	1650	1600	1500	1600	1550	27,5	26,67	25	26,67	25,83
8.	1600	1600	1450	1700	1500	26,67	26,67	24,17	28,33	25
9.	1650	1450	1400	1600	1600	27,5	24,17	23,33	26,67	26,67
10.	1700	1500	1450	1550	1650	28,33	25	24,17	25,83	27,5

Tkanina č. 7

200 Pa	l/hod					l/min				
1.	1200	1100	1150	1500	1350	20	18,33	19,17	25	22,5
2.	1050	1300	1200	1400	1450	17,5	21,67	20	23,33	24,17
3.	1100	1200	1200	1450	1300	18,33	20	20	24,17	21,67
4.	1200	1300	1200	1650	1250	20	21,67	20	27,5	20,83
5.	1200	1150	1200	1500	1300	20	19,17	20	25	21,67
6.	1100	1200	1000	1350	1200	18,33	20	16,67	22,5	20
7.	1300	1200	1100	1350	1300	21,67	20	18,33	22,5	21,67
8.	1000	1250	1200	1250	1100	16,67	20,83	20	20,83	18,33
9.	1200	1250	1300	1300	1200	20	20,83	21,67	21,67	20
10.	1200	1250	1400	1400	1400	20	20,83	23,33	23,33	23,33

Tkanina č. 8

200 Pa	l/hod					l/min				
1.	N	E	L	Z	E	x	x	x	x	x
2.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
3.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
4.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
5.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
6.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
7.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
8.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
9.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
10.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Tkanina č. 11

200 Pa	l/hod					l/min				
1.	900	1100	950	1600	1150	15	18,33	15,83	26,67	19,17
2.	900	1200	1000	1300	1300	15	20	16,67	21,67	21,67
3.	1200	1050	1150	1150	1200	20	17,5	19,17	19,17	20
4.	950	1200	720	1150	1100	15,84	20	12	19,17	18,33
5.	900	1000	1150	1100	850	15	16,67	19,17	18,33	14,17
6.	1050	1250	820	1200	850	17,5	20,83	13,67	20	14,17
7.	1100	1250	1000	1050	1100	18,33	20,83	16,67	17,5	18,33
8.	1150	950	900	1000	1200	19,17	15,83	15	16,67	20
9.	1100	950	1150	1000	900	18,33	15,83	19,17	16,67	15
10.	1200	1000	1250	850	1600	20	16,67	20,83	14,17	26,67

Tkanina č. 13

200 Pa	l/hod					l/min				
1.	2100	2150	2300	1950	1850	35	35,83	38,33	32,5	30,83
2.	2000	1950	1900	1900	1900	33,33	32,5	31,67	31,67	31,67
3.	2000	1800	1850	1700	1950	33,33	30	30,83	28,33	32,5
4.	1950	2000	1800	1850	1750	32,5	33,33	30	30,83	29,17
5.	1950	2000	1900	1750	1900	32,5	33,33	31,67	29,17	31,67
6.	2150	1800	1800	1900	1850	35,83	30	30	31,67	30,83
7.	2000	1900	1900	2100	2000	33,33	31,67	31,67	35	33,33
8.	2000	1850	2000	2000	1750	33,33	30,83	33,33	33,33	29,17
9.	1900	1800	1950	1900	2000	31,67	30	32,5	31,67	33,33
10.	2050	1750	1850	1850	1800	34,17	29,17	30,83	30,83	30

II. M021S

Tkanina č. 3

100 Pa	ml/s					l/min				
1.	155	175	165	175	160	9,3	10,5	9,9	10,5	9,6
2.	165	175	155	190	190	9,9	10,5	9,3	11,4	11,4
3.	170	175	150	175	185	10,2	10,5	9	10,5	11,1
4.	160	175	170	155	180	9,6	10,5	10,2	9,3	10,8
5.	235	190	170	165	165	14,1	11,4	10,2	9,9	9,9
6.	210	170	165	165	180	12,6	10,2	9,9	9,9	10,8
7.	155	170	175	150	180	9,3	10,2	10,5	9	10,8
8.	180	170	170	170	170	10,8	10,2	10,2	10,2	10,2
9.	205	160	160	165	180	12,3	9,6	9,6	9,9	10,8
10.	180	175	175	165	170	10,8	10,5	10,5	9,9	10,2
51.	200	170	170	190	190	12	10,2	10,2	11,4	11,4
52.	180	175	170	195	170	10,8	10,5	10,2	11,7	10,2
53.	180	185	165	195	185	10,8	11,1	9,9	11,7	11,1
54.	175	180	180	180	180	10,5	10,8	10,8	10,8	10,8
55.	180	175	195	160	180	10,8	10,5	11,7	9,6	10,8
56.	165	180	185	185	175	9,9	10,8	11,1	11,1	10,5
57.	170	175	190	190	180	10,2	10,5	11,4	11,4	10,8
58.	165	165	185	200	180	9,9	9,9	11,1	12	10,8
59.	175	175	195	210	170	10,5	10,5	11,7	12,6	10,2
60.	165	165	190	210	165	9,9	9,9	11,4	12,6	9,9
101.	165	190	170	175	160	9,9	11,4	10,2	10,5	9,6
102.	175	200	180	175	150	10,5	12	10,8	10,5	9
103.	170	170	165	170	160	10,2	10,2	9,9	10,2	9,6
104.	175	185	160	180	175	10,5	11,1	9,6	10,8	10,5
105.	170	210	175	185	165	10,2	12,6	10,5	11,1	9,9
106.	175	155	180	180	145	10,5	9,3	10,8	10,8	8,7
107.	165	195	175	160	180	9,9	11,7	10,5	9,6	10,8
108.	180	170	180	205	175	10,8	10,2	10,8	12,3	10,5
109.	185	190	165	165	185	11,1	11,4	9,9	9,9	11,1
110.	185	160	175	165	165	11,1	9,6	10,5	9,9	9,9

Tkanina č. 6

100 Pa	ml/s					l/min				
1.	180	195	185	175	165	10,8	11,7	11,1	10,5	9,9
2.	195	195	190	165	170	11,7	11,7	11,4	9,9	10,2
3.	175	180	180	175	180	10,5	10,8	10,8	10,5	10,8
4.	170	180	190	170	175	10,2	10,8	11,4	10,2	10,5
5.	180	175	195	170	160	10,8	10,5	11,7	10,2	9,6
6.	195	175	185	175	155	11,7	10,5	11,1	10,5	9,3
7.	180	150	170	190	160	10,8	9	10,2	11,4	9,6
8.	175	170	170	175	180	10,8	10,2	10,2	10,5	10,8
9.	170	160	175	170	170	10,2	9,6	10,5	10,2	10,2
10.	195	175	165	175	170	11,7	10,5	9,9	10,5	10,2
51.	170	180	185	180	180	10,2	10,8	11,1	10,8	10,8
52.	170	170	200	190	190	10,2	10,2	12	11,4	11,4
53.	190	175	175	170	195	11,4	10,5	10,5	10,2	11,7
54.	190	180	185	180	190	11,4	10,8	11,1	10,8	11,4
55.	180	180	185	180	185	10,8	10,8	11,1	10,8	11,1
56.	175	175	180	180	170	10,5	10,5	10,8	10,8	10,2
57.	180	190	180	200	180	10,8	11,4	10,8	12	10,8
58.	190	190	175	195	170	11,4	11,4	10,5	11,7	10,2
59.	180	185	180	200	170	10,8	11,1	10,8	12	10,2
60.	170	175	170	180	165	10,2	10,5	10,2	10,8	9,9
101.	160	185	170	180	175	9,6	11,1	10,2	10,8	10,5
102.	175	195	175	165	185	10,5	11,7	10,5	9,9	11,1
103.	170	190	165	160	185	10,2	11,4	9,9	9,6	11,1
104.	180	185	180	165	190	10,8	11,1	10,8	9,9	11,4
105.	170	195	170	170	190	10,2	11,7	10,2	10,2	11,4
106.	170	180	170	170	180	10,2	10,8	10,2	10,2	10,8
107.	170	190	170	175	175	10,2	11,4	10,2	10,5	10,5
108.	195	170	185	170	175	11,7	10,2	11,1	10,2	10,5
109.	185	160	180	170	175	11,1	9,6	10,8	10,2	10,5
110.	180	180	175	165	165	10,8	10,8	10,5	9,9	9,9

Tkanina č. 7

100 Pa	ml/s					l/min				
1.	130	125	140	140	135	7,8	7,5	8,4	8,4	8,1
2.	175	140	130	170	190	10,5	8,4	7,8	10,2	11,4
3.	140	170	150	115	140	8,4	10,2	9	6,9	8,4
4.	160	165	140	115	145	9,6	9,9	8,4	6,9	8,7
5.	125	185	150	145	155	7,5	11,1	9	8,7	9,3
6.	120	165	155	120	190	7,2	9,9	9,3	7,2	11,4
7.	125	150	160	145	140	7,5	9	9,6	8,7	8,4
8.	160	185	185	140	150	9,6	11,1	11,1	8,4	9
9.	175	130	140	150	145	10,5	7,8	8,4	9	8,7
10.	165	165	180	135	130	9,9	9,9	10,8	8,1	7,8
51.	145	170	200	135	165	8,7	10,2	12	8,1	9,9
52.	185	175	175	130	145	11,1	10,5	10,5	7,8	8,7
53.	140	150	180	150	160	8,4	9	10,8	9	9,6
54.	190	170	175	145	160	11,4	10,2	10,5	8,7	9,6
55.	175	155	135	150	170	10,5	9,3	8,1	9	10,2
56.	155	160	165	155	155	9,3	9,6	9,9	9,3	9,3
57.	165	160	150	150	130	9,9	9,6	9	9	7,8
58.	195	155	150	175	145	11,7	9,3	9	10,5	8,7
59.	215	150	155	190	145	12,9	9	9,3	11,4	8,7
60.	200	145	140	180	135	12	8,7	8,4	10,8	8,1
101.	150	155	135	120	140	9	9,3	8,1	7,2	8,4
102.	155	160	125	120	125	9,3	9,6	7,5	7,2	7,5
103.	145	150	125	125	125	8,7	9	7,5	7,5	7,5
104.	125	135	125	135	120	7,5	8,1	7,5	8,1	7,2
105.	135	130	160	160	130	8,1	7,8	9,6	9,6	7,8
106.	135	140	140	140	125	8,1	8,4	8,4	8,4	7,5
107.	155	125	135	145	125	9,3	7,5	8,1	8,7	7,5
108.	140	150	130	140	115	8,4	9	7,8	8,4	6,9
109.	145	175	120	150	125	8,7	10,5	7,2	9	7,5
110.	130	170	120	155	140	7,8	10,2	7,2	9,3	8,4

Tkanina č. 8

100 Pa	ml/s					l/min				
1.	250	250	270	250	285	15	15	16,2	15	17,1
2.	260	255	270	240	270	15,6	15,3	16,2	14,4	16,2
3.	275	250	250	255	260	16,5	15	15	15,3	15,6
4.	270	250	255	250	260	16,2	15	15,3	15	15,6
5.	280	265	245	260	270	16,8	15,9	14,7	15,6	16,2
6.	275	285	255	255	255	16,5	17,1	15,3	15,3	15,3
7.	260	275	280	245	265	15,6	16,5	16,8	14,7	15,9
8.	265	270	250	250	270	15,9	16,2	15	15	16,2
9.	275	260	270	270	275	16,5	15,6	16,2	16,2	16,5
10.	270	255	260	265	280	16,2	15,3	15,6	15,9	16,8
51.	280	265	270	285	270	16,8	15,9	16,2	17,1	16,2
52.	275	275	275	265	260	16,5	16,5	16,5	15,9	15,6
53.	280	260	300	280	260	16,8	15,6	18	16,8	15,6
54.	295	260	290	250	255	17,7	15,6	17,4	15	15,3
55.	290	265	290	265	270	17,4	15,9	17,4	15,9	16,2
56.	270	250	275	245	270	16,2	15	16,5	14,7	16,2
57.	265	275	270	265	255	15,9	16,5	16,2	15,9	15,3
58.	260	270	265	265	265	15,6	16,2	15,9	15,9	15,9
59.	265	285	270	260	270	15,9	17,1	16,2	15,6	16,2
60.	260	270	285	270	260	15,6	16,2	17,1	16,2	15,6
101.	285	260	255	305	250	17,1	15,6	15,3	18,3	15
102.	280	290	255	275	260	16,8	17,4	15,3	16,5	15,6
103.	285	265	280	280	255	17,1	15,9	16,8	16,8	15,3
104.	260	255	260	265	265	15,6	15,3	15,6	15,9	15,9
105.	265	265	260	280	260	15,9	15,9	15,6	16,8	15,6
106.	285	260	270	270	295	17,1	15,6	16,2	16,2	17,7
107.	260	260	265	260	270	15,6	15,6	15,9	15,6	16,2
108.	250	270	280	260	275	15	16,2	16,8	15,6	16,5
109.	250	270	280	250	270	15	16,2	16,8	15	16,2
110.	255	275	280	245	270	15,3	16,5	16,8	14,7	16,2

Tkanina č. 11

100 Pa	ml/s					l/min				
1.	155	140	105	125	100	9,3	8,4	6,3	7,5	6
2.	120	90	120	75	115	7,2	5,4	7,2	4,5	6,9
3.	200	95	125	110	100	12	5,7	7,5	6,6	6
4.	170	75	165	55	120	10,2	4,5	9,6	3,3	7,2
5.	135	120	120	85	130	8,1	7,2	6,9	5,1	7,8
6.	100	85	125	95	160	6	5,1	7,5	5,7	9,6
7.	215	165	125	155	140	12,9	9,9	7,5	9,3	8,4
8.	180	125	125	105	135	10,8	7,5	7,5	6,3	8,1
9.	125	110	85	115	155	7,5	6,6	5,1	6,9	9,3
10.	130	75	90	140	135	7,8	4,5	5,4	8,4	8,1
51.	125	170	110	80	80	7,5	10,2	6,6	4,8	4,8
52.	110	140	115	105	60	6,6	8,4	6,9	6,3	3,6
53.	105	130	80	115	80	6,3	7,8	4,8	6,9	4,8
54.	190	140	100	90	105	11,4	8,4	6	5,4	6,3
55.	100	95	105	70	95	6	5,7	6,3	4,2	5,7
56.	120	120	100	80	90	7,2	7,2	6	4,8	5,4
57.	115	120	90	80	85	6,9	7,2	5,4	4,8	5,1
58.	195	110	140	105	75	11,7	6,6	8,4	6,3	5,4
59.	210	120	95	80	85	12,6	7,2	5,7	4,8	5,1
60.	210	100	105	75	75	12,6	6	6,3	4,5	5,4
101.	120	100	125	130	110	7,2	6	7,5	7,8	6,6
102.	90	80	105	155	105	5,4	4,8	6,3	9,3	6,3
103.	55	95	130	115	75	3,3	5,7	7,8	6,9	4,5
104.	100	80	100	90	135	6	4,8	6	5,4	8,1
105.	100	75	65	80	115	6	4,5	3,9	4,8	6,9
106.	75	120	80	65	110	4,5	7,2	4,8	3,9	6,6
107.	110	110	95	100	80	6,6	6,6	5,7	6	4,8
108.	60	80	90	105	115	3,6	4,8	5,4	6,3	6,9
109.	120	85	105	100	90	7,2	5,1	6,3	6	5,4
110.	150	105	100	100	130	9	6,3	6	6	7,8

Tkanina č. 13

100 Pa	ml/s					l/min				
1.	315	270	255	250	245	18,9	16,2	15,3	15	14,7
2.	260	245	235	250	230	15,6	14,7	14,1	15	13,8
3.	245	260	225	230	230	14,7	15,6	13,5	13,8	13,8
4.	230	245	225	230	240	13,8	14,7	13,5	13,8	14,4
5.	215	220	215	235	235	12,9	13,2	12,9	14,1	14,1
6.	230	245	225	250	225	13,8	14,7	13,5	15	13,5
7.	235	255	240	240	245	14,1	15,3	14,4	14,4	14,7
8.	230	240	235	230	230	13,8	14,4	14,1	13,8	13,8
9.	245	250	250	240	260	14,7	15	15	14,4	15,6
10.	240	250	230	240	230	14,4	15	13,8	14,4	13,8
51.	245	230	215	250	230	14,7	13,8	12,9	15	13,8
52.	230	230	230	225	245	13,8	13,8	13,8	13,5	14,7
53.	265	240	250	250	225	15,9	14,4	15	15	13,5
54.	245	245	250	240	230	14,7	14,7	15	14,4	13,8
55.	275	235	250	220	245	16,5	14,1	15	13,2	14,7
56.	250	225	245	225	230	15	13,5	14,7	13,5	13,8
57.	250	230	270	220	220	15	13,8	16,2	13,2	13,2
58.	235	215	250	225	215	14,1	12,9	15	13,5	12,9
59.	245	235	250	225	235	14,7	14,1	15	13,5	14,1
60.	240	240	260	235	230	14,4	14,4	15,6	14,1	13,8
101.	220	250	230	230	265	13,2	15	13,8	13,8	15,9
102.	215	220	260	265	265	12,9	13,2	15,6	15,9	15,9
103.	215	225	230	265	260	12,9	13,5	13,8	15,9	15,6
104.	230	215	220	295	230	13,8	12,9	13,2	17,7	13,8
105.	210	230	240	275	235	12,6	13,8	14,4	16,5	14,1
106.	230	220	230	260	235	13,8	13,2	13,8	15,6	14,1
107.	210	210	245	280	210	12,6	12,6	14,7	16,8	12,6
108.	250	235	220	230	210	15	14,1	13,2	13,8	12,6
109.	230	230	240	240	230	13,8	13,8	14,4	14,4	13,8
110.	225	215	235	235	215	13,5	12,9	14,1	14,1	12,9

Tkanina č. 3

200 Pa	ml/s					l/min				
1.	290	300	295	300	295	17,4	18	17,7	18	17,7
2.	300	315	300	300	290	18	18,9	18	18	17,4
3.	285	295	285	305	280	17,1	17,7	17,1	18,3	16,8
4.	295	295	290	285	325	17,7	17,7	17,4	17,1	19,5
5.	300	295	285	310	310	18	17,7	17,1	18,6	18,6
6.	305	295	290	290	295	18,3	17,7	17,4	17,4	17,7
7.	315	300	275	300	290	18,9	18	16,5	18	17,4
8.	300	300	285	290	340	18	18	17,1	17,4	20,4
9.	290	310	290	315	325	17,4	16,6	17,4	18,9	19,5
10.	300	290	300	305	315	18	17,4	18	18,3	18,9

Tkanina č. 6

200 Pa	ml/s					l/min				
1.	300	305	290	315	300	18	18,3	17,4	18,9	18
2.	295	300	300	300	320	17,7	18	18	18	19,2
3.	290	295	285	300	320	17,4	17,7	17,1	18	19,2
4.	285	300	280	315	295	17,1	18	16,8	18,9	17,7
5.	310	285	295	330	290	18,6	17,1	17,7	19,8	17,4
6.	320	305	300	280	310	19,2	18,3	18	16,8	18,6
7.	320	320	305	270	330	19,2	19,2	18,3	16,2	19,8
8.	330	290	330	295	320	19,8	17,4	19,8	17,7	19,2
9.	320	290	320	295	300	19,2	17,4	19,2	17,7	18
10.	305	300	315	305	290	18,3	18	18,9	18,3	17,4

Tkanina č. 7

200 Pa	ml/s					l/min				
1.	260	255	265	235	240	15,6	15,3	15,9	14,1	14,4
2.	300	235	260	250	230	18	14,1	15,6	15	13,8
3.	285	260	260	275	230	17,1	15,6	15,6	16,5	13,8
4.	360	235	250	225	225	21,6	14,1	15	13,5	13,5
5.	320	220	250	225	250	19,2	13,2	15	13,5	15
6.	320	220	270	220	230	19,2	13,2	16,2	13,2	13,8
7.	265	250	295	220	210	15,9	15	17,7	13,2	12,6
8.	250	235	270	240	205	15	14,1	16,2	14,4	12,3
9.	295	235	235	255	220	14,7	14,1	14,1	15,3	13,2
10.	270	230	230	250	205	16,2	13,8	13,8	15	12,3

Tkanina č. 8

200 Pa	ml/s					l/min				
1.	N	E	L	Z	E	x	x	x	x	x
2.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
3.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
4.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
5.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
6.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
7.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
8.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
9.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
10.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Tkanina č. 11

200 Pa	ml/s					l/min				
1.	120	210	190	115	195	7,2	12,6	11,4	6,9	11,7
2.	225	155	155	170	110	13,5	9,3	9,3	10,2	6,6
3.	190	135	195	140	125	11,4	8,1	11,7	8,4	7,5
4.	170	180	160	190	180	10,2	10,8	9,6	11,4	10,8
5.	180	110	210	270	205	10,8	6,6	12,6	16,2	12,3
6.	120	205	190	160	185	7,2	12,3	11,4	9,6	11,1
7.	175	225	155	195	150	10,5	13,5	9,3	11,7	9
8.	170	145	185	150	230	10,2	8,7	11,1	9	13,8
9.	170	140	185	175	140	10,2	8,4	11,1	10,5	8,4
10.	175	185	145	165	190	10,5	11,1	8,7	9,9	11,4

Tkanina č. 13

200 Pa	ml/s					l/min				
1.	360	385	395	380	385	21,6	23,1	23,7	22,8	23,1
2.	350	385	370	360	390	21	23,1	22,2	21,6	23,4
3.	375	395	380	380	365	22,5	23,7	22,8	22,8	21,9
4.	370	375	380	385	390	22,2	21,5	22,8	23,1	23,4
5.	370	360	370	375	365	22,2	21,6	22,2	22,5	21,9
6.	375	395	400	375	375	22,5	23,7	24	22,5	22,5
7.	345	370	375	380	390	20,7	22,2	22,5	22,8	23,4
8.	380	380	390	355	370	22,8	22,8	23,4	21,3	22,2
9.	380	395	395	390	385	22,8	23,7	23,7	23,4	23,1
10.	375	375	365	355	355	22,5	22,5	21,9	21,3	21,3

III. FX 3300

Tkanina č. 3

100 Pa	mm/s	l/min
1.	79,4	9,528
2.	76	9,12
3.	78,2	9,384
4.	78	9,36
5.	83	9,96
6.	79,8	9,576
7.	82,5	9,9
8.	78,4	9,408
9.	85,2	10,224
10.	79,8	9,576

Tkanina č. 6

100 Pa	mm/s	l/min
1.	81,8	9,816
2.	85,2	10,224
3.	82,7	9,924
4.	85,6	10,272
5.	81,3	9,756
6.	81,2	9,744
7.	77,4	9,288
8.	85,6	10,272
9.	82,7	9,924
10.	81,6	9,792

Tkanina č. 7

100 Pa	mm/s	l/min
1.	62,5	7,5
2.	66,5	7,98
3.	59,5	7,14
4.	57,5	6,9
5.	55,9	6,708
6.	55,4	6,648
7.	56,6	6,792
8.	59,8	7,176
9.	59,6	7,152
10.	53,8	6,456

Tkanina č. 8

100 Pa	mm/s	l/min
1.	126	15,12
2.	121	14,52
3.	120	14,4
4.	121	14,52
5.	122	14,64
6.	125	15
7.	120	14,4
8.	128	15,36
9.	124	14,88
10.	127	15,24

Tkanina č. 11

100 Pa	mm/s	l/min
1.	43,9	5,268
2.	54,6	6,552
3.	50,5	6,06
4.	31,4	3,768
5.	51,2	6,144
6.	54,3	6,514
7.	52,9	6,348
8.	40,6	4,872
9.	49,6	5,952
10.	58,1	6,972

Tkanina č. 13

100 Pa	mm/s	l/min
1.	113	13,56
2.	108	12,96
3.	99,4	11,928
4.	102	12,24
5.	107	12,84
6.	104	12,48
7.	95,4	11,448
8.	99	11,88
9.	106	12,72
10.	100	12

